УДК 681.2-002.36.56 543.42.062

НАНОМЕТРИЧЕСКИЙ КОРПУСКУЛЯРНЫЙ ФОТОЭЛЕКТРОННЫЙ СПЕКТРОМЕТР

Кулышев А.М., Черникова И.Д., Черников Н.Г.

NANOMETRIC CORPUSKULAR PHOTOELECTRON SPECTRO-METER

Kulyshev A.M., Chernikova I.D., Chernikov N.G.

Потребности техники и технологий привели к резкому опытно-конструкторских 11 исследовательских работ для изучения сверхвысоковакуумной среде как поверхностных так и объемных свойств твердых тел. В данной работе предлагается нанометрический сверхвысоковакуумный фотоэлектронный спектрометр, позволяющий производить комплексные 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 ожеспектрометра контролировать элементный состав на поверхности образцов. Корпускулярная спектрометрия позволяет определить энергетический электронов, а также определить энергетические параметры исследуемой поверхности, что позволит полученную информацию широко использовать для создания полупроводниковых приборов в микро и наноэлектронике.

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

Поверхность твердого тела привлекает все специалистов большее внимание различных областей науки и техники. За последние годы оригинальные сверхвысоковакуумные созланы аналитические приборы многоцелевые контроля и диагностики разнообразных свойст поверности твердых тел. Наука о поверхности также бурно развивается и, по мнению ученых, позволит получить много ценной информации о границе раздела различных фаз вещества [1].

Корпускулярная низкоэнергетическая диагностика поверхности основана на использовании заряженных частиц малых энергий и методов физической электроники и физики плазмы при исследовании физико-химических свойств поверхности твердого тела. При этом заряженные низкоэнергетические частицы могут применяться в качестве первичных или зондирующих поверхность

либо анализироваться как вторичные, возбужденные в твердом теле и покинувшие поверхность в результате воздействия первичных.

Диагностика (от греческого diagnostikos - способный распознать) - процесс познания. Диагностика поверхности твердого тела - общее название совокупности различных методов измерения физико-химических параметров и всестороннего изучения свойств поверхности — аналитической физической химии, электрофизики, оптики, физики полупроводников, радиационной физики и физической электроники, акустики и физики плазмы, молекулярной и ядерной физики и т.д.

Многообразие первичных частиц и квантов, воздействующих на поверхность, производящих различного рода возбуждения ансамбля частиц в приповерхностной области твердого создающих множество вторичных частиц и квантов излучения, выходящих в вакуумную обусловило создание целого класса эффективных методик анализа и контроля характеристик поверхности твердого тела [2, 3]. Для большинства методик корпускулярной диагностики свойств твердого поверхности тела характерно использование пучков первичных возбуждающих или зондирующих частиц различного массового, зарядового и энергетического состава, ускоренных до различных энергий и падающих на границу раздела твердого тела с вакуумом под различными углами. Покидающие поверхность вторичные имеют различные частицы также массовый, зарядовый И энергетический составы разными характеризуются угловыми распределениями. Это позволяет изучать энергетические, многообразные угловые зарядовые зависимости и массовый (элементный) состав поверхностной области твердого тела, используя обратно рассеянные, распыленные или эмитируемые частицы и кванты электромагнитного излучения.

способу получения информации поверхностях методы анализа делят на эмиссионные и зондирующие. Первые используют конкретный вид эмиссии тех или иных частиц с поверхности в результате различных воздействий: температуры, электрического поля, механических напряжений, трения, акустических волн, электромагнитных волн. Вторые основаны на эмиссии частиц электромагнитного излучения результате В воздействия на поверхность зондирующего потока частиц: молекул, атомов, ионов, электронов, позитронов, квантов электромагнитного излучения.

Использование ионов, электронов, позитронов и квантов электромагнитного излучения малых позволяет непосредственно элементарные взаимодействия первичных частиц с частицами и квазичастицами поверхностной области твердого тела, а также с адсорбированными частицами, находящимися на поверхности в различных энергетически выгодных состояниях. Корпускулярная низкоэнергетическая диагностика позволяет изучать энергетическую электронную структуру приповерхностной области твердого тела, а также ее изменения, происходящие в результате очистки поверхности, адсорбции простейших газов, радиационностимулированной десорбции и других воздействий.

Выбор экспериментальной техники и конкретного метода корпускулярной диагностики свойств поверхности твердых тел определяется задачами исследования, условиями, в которых производится диагностика, необходимым уровнем получаемой информации и ее многофакторностью.

Нанометрический сверхвысоковакуумный фотоэлектронный спектрометр для исследования поверхностных свойств твердых тел предназначен для изучения электронной и кристаллической структуры, а также для химического анализа приповерхностной области моно- и поликристаллов с возможностью целенаправленного воздействия на их поверхностные свойства с помощью ионной бомбардировки, высокотемпературного отжига, газов адсорбции различных И нанесения тонкопленочных покрытий.

Для получения наиболее выгодного вакуума необходимо, чтобы откачные системы удовлетворяли ряду требований:

- а) возможность достижения расчетного предельного разрежения в откачиваемом объеме (это требование может быть выполнено лишь в том случае, если правильно подобраны вакуумные насосы и соблюдены правила вакуумной гигиены при сочленении элементов и узлов откачной системы);
- б) возможность получения необходимой быстроты откачки и максимальной добротности G вакуумной системы, оцениваемой отношением быстроты откачки объема $S_{\rm o}$ к быстроте действия насоса $S_{\rm h}$

в) удобство в работе и простота эксплуатации вакуумной системы, возможность ее максимальной автоматизации и оснащения средствами защиты.

Был произведен расчет вакуумной системы, выбор оборудования и определение конструктивных размеров соединительных трубопроводов и арматуры [4].

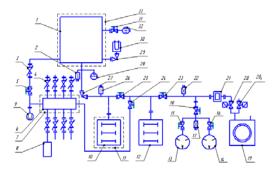


Рис. 1. Схема вакуумной системы нанометрического фотоэлектронного спектрометра:

1 — измерительная камера спектрометра; 2, 9, 17, 22, 26,28 — аппаратура для измерения вакуума; 3 — игольчатый натекатель; 4 — дозирующие клапаны для напуска газа; 6 — камера напуска газа; 8 — система баллонов с газами; 5, 15, 16, 18, 23, 24, 25 31 — вакуумные клапаны; 27, 29 — вакуумные угловые клапаны;

10, 12— магниторазрядные насосы; 30— сверхвысоковакуумный орбитронный насос; 13, 14— цеолитовые вакуумные насосы; 19— вращательный двухступенчатый вакуумный насос; 21— прогреваемая адсорбционная ловушка;

19 — вращательный двухступенчатый насос;

 $20, 20_1$ — клапаны с электромагнитным приводом; 33, 11 — печь для прогрева сверхвысоковакуумной части системы; 7— печь для прогрева камеры для напуска газа; 32 — масс-спектрометр

Вакуумная система установки (рис. изготовлена из стали 12X18H10T и состоит из аналитической камеры (1) и системы вакуумной откачки на базе безмаслянных средств. Сверхвысоковакуумный орбитронный насос (30) СОН-А-1 (предельное остаточное давление при охлаждении жидким азотом 10^{-13} мм.рт.ст. и быстрота откачки по воздуху в диапазоне давлений $10^{-8} - 10^{-11}$ мм.рт.ст. 500 л/с), и насос (10) НМДО-0,25-1 (предельное остаточное давление 5.10-9 мм.рт.ст. и быстрота действия по воздуху при давлении 5·10-5 мм.рт.ст. 300 л/с) подключены к откачиваемому объекту через угловые (27, 29) клапаны КЭУТ-100. Игольчатый натекатель (3) предназначен для напуска воздуха или инертного газа в откачиваемую камеру при проведении определенных технологических операций. Измерительная аппаратура представляет собой набор манометрических преобразователей: (2) электроразрядный преобразователь ММ-14М с измерительным блоком инверсно-магнетронного вакуумметра ВИМ-2A ($10^{-4} - 10^{-13}$ мм.рт.ст.), (28) сверхвысоковакуумный ионизационный манометр МИ-27 открытого типа с вакуумметром ВИ-14 (10⁻¹

 10^{-10} мм.рт.ст.), (26)магнитный электроразрядный преобразователь MM-32-1 инверсно-магнетронного типа в комплекте с вакуумметром ВМБ-8 (предназначен для индикации давления в диапазоне $10^{-2} - 10^{-9}$ мм.рт.ст.), имеет аналоговый выход на ЭВМ, высокую надежность и стабильность в работе: (9) — электроразрядный манометрический преобразователь ММ-13М-4А. действие которого основано на зависимости величины разрядного тока от давления газа с измерительным блоком вакуумметра ВМБ-3А (30 -(22)мм.рт.ст.), (17), термопарные преобразователи ПМТ-8 с блоком питания ионнотермопарного вакуумметра ВИТ-3 $(10^{-1} - 10^{-3})$ мм.рт.ст.).

Магнитноразрядный насос (12) НОРД-100-1 (предельное остаточное давление 5·10-9 мм.рт.ст. и быстрота действия по воздуху при давлении 5.10-5 мм.рт.ст. 100 л/c) предназначен предварительной откачки вакуумной камеры (1), магниторазрядного насоса НМДО-0,25-1 открытых клапанах (25), (27) и закрытом клапане Этот насос используется также обезгаживания и очистки объекта сверхвысоковакуумной части системы (1) загрязнений, используя для этой цели прогрев в печах (11) и (33). Насос НОРД-100-1 при закрытом клапане (25) и открытом клапане (24) применяется для откачки и обезгаживания при прогреве при помощи печи (7) камеры напуска газа (6).

Для предварительной откачки и получения низкого вакуума испльзуются цеолитовые вакуумные насосы ЦВН-1-2 (13),(14)механический вращательный насос 2НВР-5ДМ (19). отключения случае аварийного питания применяются клапаны (20), $(20_1).c$ электромагнитным приводом, что позволяет предохранить систему от напуска атмосферного воздуха в систему.

Для многих вакууметрических исследований достаточно знать величину давления остаточного газа, не интересуясь его составом. Для этого можно использовать не требующие регулярной градуировки вакуумметры, измеряющие полное давление газа. Если же необходимо определять давление с той точностью, которую обеспечивает ионизационный или инверсно-магнетронный вакуумметры, то в этом случае нужно не только регулярно контролировать градуировку вакуумметра знать относительные чувствительности прибора для различных газов, но также определять состав газов в системе.

При давлениях > 10⁻⁵ Па состав остаточного газа. вероятно. будет аналогичен атмосферного воздуха, находящегося в системе до откачки. При давлениях < 10-6 Па. Выделяющийся из деталей вакуумной системы газ становится основным в остаточном газе, вследствие чего остаточный газ может значительно отличаться по составу от атмосферного воздуха. Более того, во многих конкретных случаях знать состав остаточного газа важнее, чем его давление (например, присутствие активных газов затрудняет изучение свойств поверхности твердых Необходимо знать род ктох бы основной составляющей остаточного газа, а лучше - полный состав газа и давление его составляющих (так называемое парциальные давления). Поэтому, в нашем случае был выбран для измерения парциальных давлений монополярный спектрометр МХ-7304 (32)

Система напуска газов (6) состоит из восьми баллонов (8) с очищенными газами: (инертными: гелий, неон, аргон, криптон, ксенон; активными: водород, кислород азот), системы трубопроводов с дозирующими вакуумными клапанами (4), камеры смешения газов и игольчатого натекателя (3). позволяет осуществлять напуск в Система аналитическую камеру чистых газов и их смесей в дозируемых пропорциях и в строго определенных Контроль газовой количествах. среды аналитической камере производился с помощью масс-спектрометра МХ-7304 (32).

Аналитическая камера представляет собой цилиндр высотой $450\,$ мм. и диаметром $300\,$ мм. (рис. 2.).

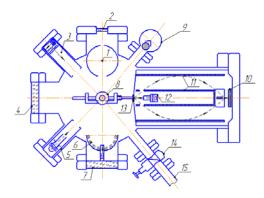


Рис. 2. Аналитическая камера нанометрического фотоэлектронного спектрометра:

1 – сферический фотоэлектронный спектрометр; 2 – окно MgF для ввода ультрафиолетового излучения; 3 – ионная пушка для очистки и травления образца; 4, 7 – смотровые окна; 5 – электронная пушка для очистки и отжига

образца; 6 — полусферический четырехсеточный дифрактометр; 8 — прецизионный манипулятор с тремя степенями свободы; 9 — монополярный масс-спектрометр; 10 — фотоэлектронный умножитель; 11 —оже-анализатор (цилиндрическое зеркало); 12 — электронная пушка ожеанализатора; 13 — исследуемый образец; 14 — затвор шлюзовой камеры; 15 — вход в шлюзовую камеру

Вдоль оси камеры расположен трехстепенной прецизионный вакуумный манипулятор [5],позволяющий производить вращательное и радиальное перемещение образцов В экваториальной плоскости, а также их вращение своей закреплены вокруг оси. Образцы специальной конструкции, держателях позволяющих производить передачу отработанного образца из манипулятора в кассету с образцами и захват из этой же кассеты нового образца, что дает возможность исследовать четыре различных образца без вскрытия шлюзовой камеры (затвор 14 — вход в шлюзовую камеру) в одинаковых условиях.

Основными методами исследования образцов является фотоэлектронная спектроскопия в области вакуумного ультрафиолетового излучения, электронная оже-спектроскопия и дифракция медленных электронов.

Источником ультрафиолетового излучения высоковольтная водородная лампа с служит [6]. вакуумным монохроматором Излучение вводится в аналитическую камеру через окно из монокристалла фтористого магния (2) и падает на образец (13), помещенный в центр анализатора фотоэлектронов (1) типа квазисферического конденсатора Лукирского [7]. Интенсивность падающего на образец и отраженного излучения калибруется в абсолютных единицах, что позволяет измерять квантовый выход фотоэлектронов. Измерение фотоэлектронных спектров возможность исследовать валентные состояния электронов в приповерхностной области образца а определить энергетические параметры исследуемой поверхности.

Электронный оже-спектрометр (11) создан на электронного энергоанализатора зеркало" "пилиндрическое [8]. Источником возбуждения служит стандартная электронная пушка (12) типа ЭЛО1И. Химический анализ поверхности образца производися с помощью измерения интенсивности оже-линий различных элементов в спектре вторичных электронов и обнаружение обеспечивает микропримеси количестве, соответствующем 0,01 моноатомного слоя и более. Регистрация с помощью данного анализатора спектров характеристических потерь энергии электронов позволяет исследовать плазменные возбуждения электронов в кристаллах, а также ионизационные электронные возбуждения.

Дифрактометр медленных электронов (6) создан на базе четырехсеточного квазисферического анализатора со стеклянным коллектром и позволяет (как анализатор с задерживающем полем) разделять электроны по энергиям, пропуская на коллектор часть электронов, обладающих энергией, большей величины, определяемой значением потенциала задерживающего поля. Так как анализаторы данного типа используют потоки электронов, расходящихся в больших телесных углах, то эффективность и чувсвительность метода определяется в основном его разрешающей способностью. Светосила же устройств, задаваемая геометрией образующих электродов, обычно имеет максимальное значение. В данных анализаторах необходимо применять моноэнергетические пучки зондирующих электронов. Дифрактомер кроме того, что сказано еще является незаменимым диагностики структуры поверхности твердых тел.

Подача образцов В аналитическую камеру осуществляется через шлюзовую камеру (рис. 3). Конструкция камер загрузки и разгрузки изделий (образцов, приборов) стандартна - они имеют шлюзовые крышки (фланцы),соединяющие шлюз с атмосферой. Герметизация фланца (7) осуществляется вручную при помощи медной уплотняющей прокладки (8). Образец при загрузке помещается в специальную оправу (11), вместе с которой он перемещается в аналитическую камеру (смотри рис.2) через канал (15) и затвор шлюзовой камеры (14). Перемещения штока (6) вместе с осуществляется оправой (11)при помощи высоковакуумного ввода вращениия, который присоединен к фланцу (1) камеры (3) и через коническую передачу (2) приводит во вращение гайку (4), перемещающую ходовой винт (5). Каретка (12) предохраняет шток (6) от провисания и способствует его перемещение вдоль шлюзового канала. Ходовой винт (5) механизм параллелогамма (на рис. не показан) шарнирно связан с оправой (11) и позволяет при перемещении держателя образца вместе со штоком затвор шлюзовой камеры аналитическую камеру состыковать держатель образца при помощи специального гнезда с осью манипулятора.

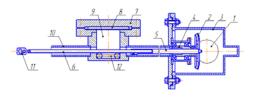


Рис. 3. Шлюзовая камера:

1 — фланец для крепления высокрвакуумного ввода вращения; 2 — коническая передача; 3 — корпус кмеры системы передачи движения; 4 —гайка; 5 — ходовой винт; 6 — шток; 7 — фланец; 8 — медная прокладка; 9 — камера загрузки исследуемого образца с держателем; 10 — канал шлюзовой камеры для переноса образца в аналитическую камеру; 11 — оправа для захвата образца; 12 — каретка

Очистка исследуемых образцов производится стандартными методами с помощью ионной бомбардировки, для чего в камере установлена ионная пушка (3). Также отжиг поверхности можно было производить при помощи высокотемпературного прогрева методом электронной бомбардировки при помощи электронной пушки (5).

Для напыления на исследуемые образцы тонких пленок различных веществ служат вольфрамовые испарители. Скорость напыления и толщина пленок контролируется в процессе напыления ПО сдвигу резонансной частоты кварцевого резонатора, включеного в схему кварцевых весов, с точностью до сотых долей моноатомного слоя.

Автоматизированная система электропитания, управления, регистрации сигнала и обработки данных реализована на базе персонального компьютера, оснащенного широким набором периферийных устройств.

Техническая характеристика спектрометра Предельное остаточное даление, Па $1\cdot 10^{-9}$ Диапазон энергий квантов УФ-излучения, эВ 5.0-10.9

Степень монохроматизации УФ-излучения, эВ 0,1 Энергетическое разрешение анализатора фотоэлектронов, % 1

Диапазон измерения электронных оже-спектров, эВ 100 - 2000

Энергетическое разрешение оже-анализатора, % 0,2 Диапазон температур прогрева образцов, К 300 — 2500

Дипазон энергий ионов, эВ $0 - 5.10^3$

Выводы Рассмотренный выше нанометрический сверхвысоковакуумный фотоэлектронный спектрометр для исследования поверхности твердых тел имеет ряд положительных характеристик:

- а) оригинальный трехстепенной манипулятор совместно с шлюзовой камерой позволяет проводить исследования различных образцов без вскрытия аналитической камеры;
- б) возможностью напуска в камеру дозированного количества одного из восьми различных газов или их смесей в заданных пропорциях;
- в) сочетание нескольких методов исследования в одной установке, что позволяет получать более полную информацию об исследуемых образцах.

Литература

- Копецкий Ч. В. О развитии фундаментальных и прикладных исследований в области физико-химических и механических свойств поверхности./
 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. Арифов; 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: 36. 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. N28 (150) с. 134-142.
- Адамчук В. К., Федосеенко С. И., Александров В. М. Сверхвысоковакуумная металлическая установка для фотоэлектрических измерений в области hv ≤ 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: РТТИЛ, 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 1766.

References

- Kopeckij Ch. V. O razvitii fundamental'nyh i prikladnyh issledovanij v oblasti fiziko-himicheskih i mehanicheskih svojstv poverhnosti./ Ch.V. Kopeckij // Vestnik AN SSSR. 1979. №9. s. 3–17.
 Cherepin V.T., Vasil'ev M.A. Metody i pribory dlja analiza
- 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. — s. 400.
- Kremkov M.V. Korpuskuljarnaja nizkojenergeticheskaja diagnostika poverhnosti tverdogo tela. /M.V. Kremkov // Akademija nauk Uzbekskoj SSR. Institut jelektroniki imeni U. A. Arifov; Tashkent: izd-vo «FAN» Uzbekskoj SSR, 1986.– s. 164.
- Bova O.R., Chernikova I.D., Chernikov M.G. Rozrahunok ta analiz vakuumnih sistem / O.R.Bova, I.D.Chernikova, M.G.Chernikov // Resursozberigajuchi tehnologii virobnictva ta obrobki tiskom materialiv u mashinobuduvanni: Zb. nauk. pr. Lugans'k: vid-vo SNU im. V. Dalja, 2010. – s. 193-202.
- Bova A.R., Voloshin M.A., Latysh O.B. i dr. Sverhvysokovakuumnyj manipuljator v fotojelektronnoj spektroskopii / A. R. Bova, M. A. Voloshin, O. B. Latysh, I. D. Chernikova, N.G.Chernikov // Visnik SNU im. V. Dalja, sb. nauk. prac'. V 2-h chastjah. Lugans'k: vid-vo SNU im. V. Dalja, 2010, ch.2. №8 (150) s. 134-142.
- Adamchuk V. K., Fedoseenko S. I., Aleksandrov V. M. Sverhvysokovakuumnaja metallicheskaja ustanovka dlja fotojelektricheskih izmerenij v oblasti hv ≤ 10,9 jeV. / V. K. Adamchuk, S. I. Fedoseenko, V. M. Aleksandrov // PTJe, 1977, №1. – s. 178 – 179.
- Lukirskij P. I. O fotojeffekte / P. I. Lukirskij // Leningrad Moskva: RTTIL, 1933. – s. 96.
- 8. Zashkvara V. V., Il'in A. M., Red'kin V. S. i dr. Cilindricheskoe zerkalo dlja raznostnyh metodov spektroskopii puchkov zarjazhennyh chastic. / V. V. Zashkvara, A. M. Il'in, V. S. Red'kin, V. Ja. Kolot, M. I. Korsunskij // ZhTF, 1976. t. 46. s. 1759 1766.

Кулишев О. М., Чернікова І. Д., Черніков М. Г. Нанометричний корпускулярний фотоелектрон-ний спектрометр.

Потреби техніки і технологій призвели до різкого прискорення дослідно-конструкторських і науководослідних робіт для вивчення в сверхвисоковакуумному середовищі як поверхневих так і об'ємних властивостей тердих тіл. У даній роботі пропонується нанометровий сверхвисоковакуумний фотоелектронний спектрометр, який дозволяє проводити комплексні дослідження поверхневих і об'ємних властивостей твердих тіл у контрольованому середовищі. Наявність системи напуску газу, іонної та електронної гармати дозволяють

змінювати структурний стан поверхні досліджуваного об'єкта, а наявність оже-спектрометра контролювати елементний склад на поверхні зразків. Фотоелектронний спектрометр дозволяє визначити енергетичний спектр електронів, а також визначити енергетичні параметри досліджуваної поверхні, що дозволить отриману інформацію широко використовувати для створення напівпровідникових приладів у мікро-і нанотехнологіях.

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

Kulyshev A.M., Chernikova I. D., Chernikov N. G. Nanometric corpuskular photoelectron spectro-meter.

Requirements of engineering and technology have led to a sharp acceleration of experimental design and research for the study of ultra-high vacuum environment, as well as surface and bulk properties of solid bodies. In this paper, there is a nanometer ultrahigh-vacuum photoelectron spectrometer, which allowing to perform complex research of surface and volume properties of solid bodies in the controlled environment. The presence of gas inlet, ion and electron gun can change the structural state of the surface of the object, and the presence of Auger spectrometer is able to monitor the elemental composition of the surface samples. Photoelectron spectrometer is able to determine electron's energy spectrum

and to determine the energy parameters of the test surface, that is allowing to widely use this information to create semiconducting devices in micro- and nanoelectronics

Key words: vacuum, spectrophotometer, vacuum manipulator, vacuum monochromator, Auger spectrometer, diffractometer.

Кулишев О.М. — студент групи ММ-451м кафедри машинобудування, верстатів та інструментів Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, kulsan230@mail.ru

Черникова І. Д. — ст. викладач кафедри машинобудування, верстатів та інструментів Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, <u>chernikova i d@ukr.net</u>

Черников М.Г. — к. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри машинобудування, верстатів та інструментів Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, chernikov_n_g@ukr.net

Рецензент: Соколов В.І., д.т.н., професор

Стаття подана 10.11.2015.