Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Омский государственный технический университет»

Кафедра «Физика»

Методические указания к лабораторному практикуму по курсу

«**Синтез наносистем**»

для направления подготовки бакалавров специальностей:

22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и

28.04.02- «Наноинженерия»

Омск 2018

Печатается по решению методической комиссии
Радио технического факультета
Омского государственного технического университета

Составитель:
кандидат техн. наук *А.А.Теплоухов*
(Омский государственный технический университет),

Рецензент:
кандидат техн. наук *Д.А. Негров*
(Омский государственный технический университет),

Оглавление

Введение 4

Лабораторная работа № 1. Синтез нано пленок на металлических подложках. 6

Лабораторная работа №2. Измерение микротвердости модифицированных поверхностей 13

Лабораторная работа №3. Определение элементного состава нанопленок 21

Приложение №1 33

Литература 36

Введение

Настоящее методическое указание к лабораторным работам ориентированы на обеспечение качества подготовки бакалавров обучающихся в техническом вузе, соответствующей требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования. Методические указания состоят из трех лабораторных работ, необходимых при подготовке бакалавров радиотехнического факультета, по специальности 28.03.02 «Наноинженерия» и 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов».

Для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Синтез наносистем» необходимо усвоить теоретический материал данной программы, а также использовать знания, полученные при изучении программ: «Основы научных исследований».

Перед каждой лабораторной работой студенты самостоятельно готовятся по методическому указанию к той работе, которая определена преподавателем на последнем занятии.

Для получения допуска на выполнение лабораторной работы студенту необходимо ответить преподавателю на контрольные вопросы по целям и задачам работы, по используемым приборам и оборудованию, а так же рассказать ход выполнения работы, и предъявить заготовку отчета по выполнению лабораторной работы определенной преподавателем на последнем занятии.

До лабораторной работы студенты не допускаются в случае неготовности или не сдачи отчета предыдущей лабораторной работы, кроме первого занятия.

Перед началом выполнения работ со студентами проводится инструктаж по технике безопасности по соответствующим инструкциям.

Выполнив измерительную часть лабораторной работы, студенты показывают преподавателю результаты своих измерений, получают отметку о выполнении работы и делают дальнейшие расчеты и выводы.

Отчет лабораторной работы должен содержать:

1. ФИО и номер группы студента.
2 .ФИО преподавателя.
3 . Название лабораторной работы.
4. Цель работы.
5. Теоретическую часть и порядок выполнения работы.
6. Результаты измерений.
7. Выводы.
8. Дату проведения лабораторной работы.
9. Подписи студента и преподавателя.

В приложении 1 приведены формы титульных листов отчетов по лабораторным работам.

Лабораторная работа № 1. Синтез нано пленок на металлических подложках.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Разобраться в принципе работы установки магнетронного напыления, получить навык работы на установке ADVAVAC VCM 200, получить тонкую пленку покрытия на стальной подложке, определенной толщины.

ПРИБОРЫ И МАТЕРИАЛЫ:

Установка магнетронного напыления ADVAVAC VCM 200, катоды (медь, цирконий, титан, тантал ,молибден) подложка (сталь 09г2с,38ха2мюа,ст 20)

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Современные ионно-плазменные методы позволяют получать тонкие пленки различных материалов, в том числе и тугоплавких, диэлектриков, полупроводников. При соответствующей пробоподготовке и правильно выбранном режиме напыления, адгезия пленочных покрытий достаточна высока, что позволяет их использовать в различных областях.

Создано достаточно разнообразных конструкций магнетронных устройств, которые отличаются способом создания магнитного поля, конструкцией катода и геометрией мишени.

Магнетронное напыление- технология нанесения тонких пленок на подложку с помощью магнетрона. Принцип магнетронного напыления основан на образовании над поверхностью катода кольцеобразной плазмы в результате столкновения электронов с молекулами газа в скрещенных электрическом и магнитном полях. Положительные ионы, образующиеся в разряде, ускоряются в направлении катода, бомбардируют его поверхность, выбивая из нее частицы материала. Покидающие поверхность мишени частицы осаждаются в виде пленки на подложке, а также осаждаются на стенках рабочей вакуумной камеры.

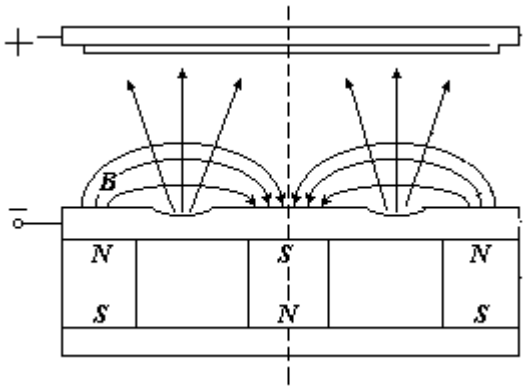


Схема магнетронного напыления

Существуют три базовые конструкции магнетронных устройств: цилиндрическая, планарная, а также с кольцевым конусообразным катодом. Все они представляют собой систему распыления с двумя электродами, один из которых - анод, второй - катод, являющийся распыляемой мишенью, с отрицательным потенциалом. Для получения плазмы используется магнитное поле, силовые линии которого имеют значительную кривизну, проходят через поверхность катода-мишени и должны быть перпендикулярны силовым линиям электрического поля. Зона разряда представляет собой замкнутый объём, находящийся на некотором расстоянии от поверхности катода в зоне магнитного поля,.

Для нанесения тонких пленок обычно использую плоские (планарные) магнетроны (источники магнетронного распыления), состоящие из следующих основных частей: катод , магнитный блок и анод.

Держатель катода находится под постоянным водоохлаждением. Имеется большое количество конструкций держателей катода с прямым или косвенным охлаждением проточной водой.

Магнитная система состоит из магнита, создающего поле с требуемой индукцией, и полюсных наконечников, непосредственно примыкающих к мишени и обеспечивающих формирование магнитного поля требуемой конфигурации. В качестве источников магнитного поля чаще всего применяются постоянные магниты на основе бариево-стронциевых ферритов, сплавов кобальта с редкоземельными элементами.

В нашей лабораторной работе получение пленок методом магнетронного напыления производится на установке магнетронного напыления ADVAVAC VCM 200.

ХОД РАБОТЫ

1. Подготовить подложку для нанесения тонкой пленки.

2. Включить электропитание установки и установить переключатель в положение вкл.

3. Включить водяное охлаждение установки и дождаться когда погаснет

блокировка по воде (красная лампа "вода").

4. Включить компрессорное оборудование установки и дождаться когда компрессор накачает давление воздуха 6 атм.

5.

Открыть клапан напуска, переключатель в положение откр.

6. Дождаться давления в камере 1000 mbar,открыть дверцу камеры, установить подложку на подложко-держателе и закрыть дверцу камеры.

7, Закрыть заслонку, "Форвакуумный насос" включить, установить переключатель в положение вкл.

8. При достижении вакуума в системе включить турбо молекулярный насос KYKY.

9. Вакуумные клапана привести в следующее положение: "Дроссельная заслонка", "Затвор" - закрыты, к "Форвакуумный насос" открыт.

10.Открыть баллон и при помощи редуктора отрегулировать подачу аргона в камеру

11.На блоке SEREN открыть заслонку 1,включить ВЧ магнетрон и в течение 10 минут произвести ионную чистку подложки, выключить ВЧ магнетрон.

12.Открыть заслонку нужного DC магнетрона ВКЛ питание и поворачивая ручку ЛАТРа на блоке MARIS установить требуемое напряжение зажигания, т.е. зажечь разряд. С этого момента начинается процесс распыления мишени и осаждение пленки на подложке.

13. Засечь время начала напыления

14. Толщину и скорость покрытия наблюдаем на приборе

После получения пленки нужной толщины напряжение на мишени ручкой ЛАТРа уменьшить до нуля. Выключить магнетрон

15. "продуть" вакуумную камеру рабочим газом до остывания подложки, то есть после выключения разряда в течение 5 мин не закрывать баллон с газом.

16. Выключить турбомолекулярный насос на блоке KYKY

17.После остановки турбомолекулярного насоса на блоке KYKY выключить Форвакуумный насос.

18. Закрыть баллон с газом .

19. Открыть клапан, напустить воздух в камеру.

20. Дождаться давления в камере 1000 mbar,открыть дверцу камеры и извлечь подложку с пленкой

21. Закрыть дверцу камеры, включить Форвакуумный насос.

22. Через 5-10 мин выключить Форвакуумный насос и закрыть воду.

23. Отключить установку от электросети.

При выполнении данной работы по заданию преподавателя необходимо выполнить следующее:

1. По времени напыления и материалу мишени определить толщину полученной пленки по таблице, приведенной ниже.

2. Определить адгезию пленок к подложке скрейч методом.

3 .Приложить к выполненной работе фотографии промежуточных и конечных результатов.

Метод определения толщины пленки определяется преподавателем.

Контрольные вопросы:

1. Что такое магнетронное напыление.

*2.*Из каких материалов изготовлен катод.

3. Чем отличаются форвакуумный и турбомолекулярные насосы.

4. Для каких целей в камеру подают аргон.

Лабораторная работа №2. Измерение микротвердости модифицированных поверхностей

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Ознакомиться с методикой определения микротвердости материалов по Виккерсу. Определить микротвердость модифицированной поверхности подложки, прибором ПМТ-3М, провести математическую обработку полученных результатов измерений.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ:

микротвердомер «ПМТ-3М», пресик, пластилин, набор грузов, образцы из сталей09Г2С,38Х2МЮА,ст20 модифицированные магнетронным методом.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

В нашей работе для измерения твердости мы будем использовать метод Виккерса. Методика измерений для определения твёрдости по Виккерсу определяется ГОСТ 2999-75 и ISO 6507 .Сам метод заключается в том , что индентор в нашем случае это усеченная четырёхгранная алмазная пирамида, с углом 136° между противоположными гранями, вдавливается в образец (нагрузка плавно возрастает и выдерживается в течение 10-15 секунд). После снятия нагрузки на образце остаётся отпечаток, имеющий форму квадрата, длины диагоналей позволяют произвести расчет твёрдости образца.

Твёрдость по Виккерсу вычисляют делением нагрузки P на площадь поверхности полученного пирамидального отпечатка:

$H=(0,189P/<d>^2)*10^6$

где P - нормальная нагрузка приложенная к алмазному наконечнику (P,H);

$<d>$-среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка, мкм;

Среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей отпечатка рассчитывается как:

$<d>=T*Z$,

где T - число делений объект микрометра;

Z цена деления, Z=0,3125 мкм.

Твёрдость по Виккерсу всегда обозначается буквами HV без указания размерности — кгс/мм² (10МПа). Основными параметрами при измерении твёрдости по Виккерсу являются нагрузка P до 980,7 Н (100 кгс) ,а так же время выдержки 10—15 с. В других случаях после символа HV указывают индексы разделённые наклонной чертой и обозначающие нагрузку и время выдержки, и через тире — число твёрдости.

Основным недостатком метода является зависимость измеряемой твёрдости, а особенно микротвердости от приложенной нагрузки или глубины вдавливания индентора.

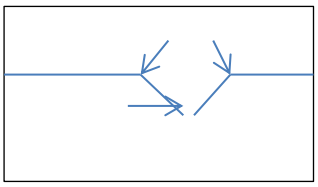
Микротвердость по Виккерсу-это тоже самое твердость по Виккерсу только целями ее исследованийявляются очень малые объекты :тонкие пленки ,микроскопические участки ; нагрузка индентора колеблется в диапазоне от 0,049Н до 4,9Н.Число микротвердости определяется делением нормальной нагрузки, приложенной к алмазному наконечнику, на условную площадь боковой поверхности полученного отпечатка:

$$HV = \frac{F}{S}.$$

Измерение микротвердости стандартизовано ГОСТом 9450-76. Число микротвердости пишется без единицы измерения, но с указанием нагрузки, например , 21HV0,098

На практике часто возникает необходимость измерить твердость объекта малой величины, а он меньше индентера Бринелля или Роквелла. Для решения этой проблемы используется метод микротвердости по Виккерсу. Твердость по Виккерсу позволяет оценить вклад границ зерен в значениетвердости. Но размер отпечатка твердомера получается порядка 300 мкм, а это намного больше размера зерна в обычных сплавах. Использование микротвердомера ПМТ-3М позволяет поставить отпечаток в отдельное зерно, фазу слой . Измерение микротвердости тонких покрытий (пленок) на

стальных подложках имеет рад особенностей .Дело в том ,что необходимо правильно подобрать нагрузку индентора. При маленькой нагрузке размер отпечатка будет меньше и соответственно погрешность измерений будет высока. Излишне большая нагрузка может привести к продавливанию тонкой пленки и «прорыву» покрытия.



В результате получится измерение микротвердости подложки, а не поверхностного слоя. Может произойти отрыв покрытия, если его адгезия окажется меньше возникающих упругих деформаций и также измерения будут не корректные, поэтому нагрузку для каждого выдаваемого образца при измерении микротвердости согласовывать с преподавателем.

ХОД РАБОТЫ:

1.Получаем у преподавателя образец для лабораторной работы.

.

Включаем прибор

2.Прижимаем пресом образец к пластине и устанавливаем ее на предметный столик.

3.Добиваемся резкого изображения исследуемого образца, выводим перекрестие на выбранное место.

4.Поворачиваем предметный столик влево до упора и выставляем нагрузку на шток, в нашем случае 100 г.

5.Плавно прикладываем нагрузку на 10-15 секунд, затем подняв, индентор поворачиваем стол вправо до упора, проводим измерение диагоналей отпечатка и заносим в таблицу 1

6.Выбираем место для следующего отпечатка, минимальное расстояния между ними две длинны диагонали и не менее двух с половиной диагоналей от края образца. Так же наносим еще шесть отпечатков, производя замеры диагоналей, заносим их значение в таблицу 1 .

7. Производимобработку результатов измерений, заполняем

таблицу 1.

8.Вывод.

Обработка результатов измерений

Таблица 1

	, г	$_1$, мкм	$_2$, мкм	<d> среднее арифметическое значение длин диагоналей, мкм	H_i	< H>	Δ H

1) Среднее значение величины d, мкм:

$$< d >= \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$<d>_1$=

$<d>_2$=

$<d>_3$=

$<d>_4$=

$<d>_5$=

$<d>_6$=

$<d>_7$=

2) $H=(0{,}189P/<d>^2)*10^6$

где P - нормальная нагрузка приложенная к алмазному наконечнику (P,H);

1кгс = 9,81Н

P = 100 гр.

$H_1 = \frac{0,189 \cdot P}{<d>_1{}^2} \cdot 10^6 =$

$H_2 = \frac{0,189 \cdot P}{<d>_2{}^2} \cdot 10^6 =$

$H_3 = \frac{0,189 \cdot P}{<d>_3{}^2} \cdot 10^6 =$

$H_4 = \frac{0,189 \cdot P}{<d>_4{}^2} \cdot 10^6 =$

$H_5 = \frac{0,189 \cdot P}{<d>_5{}^2} \cdot 10^6 =$

$H_6 = \frac{0,189 \cdot P}{<d>_6{}^2} \cdot 10^6 =$

$H_7 = \frac{0,189 \cdot P}{<d>_7{}^2} \cdot 10^6 =$

Среднее значение величины H:

$< H >= \frac{H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6+H_7}{7} =$

3) Средняя квадратичная погрешность: S

$\Delta H_i = <H> - H_i$ АБСОЛЮТНАЯ i ПОГРЕШНОСТЬ

$\Delta H_1 = <H> - H_1 =$

$\Delta H_2 = <H> - H_2 =$

$\Delta H_3 = <H> - H_3 =$

$\Delta H_4 = <H> - H_4 =$

$\Delta H_5 = <H> - H_5 =$

$\Delta H_6 = <H> - H_6 =$

$\Delta H_7 = <H> - H_7 =$

$$S = \sqrt{\frac{\Delta H_1{}^2 + \Delta H_2{}^2 + \Delta H_3{}^2 + \Delta H_4{}^2 + \Delta H_5{}^2 + \Delta H_6{}^2 + \Delta H_7{}^2}{7(7-1)}} =$$

4) Приборная погрешность

$\Delta H_{пр} = 0,001/2 = 0,0005$

5) Случайная погрешность

t_{an}=

$$\alpha = 0{,}9$$

$\Delta H_{сл}$= S· t_{an}=

6) Абсолютная погрешность измерений:

$$\Delta H = \sqrt{\Delta H_{сл}{}^2 + \Delta H_{пр}{}^2} =$$

7) Относительная погрешность:

ε=ΔH/<H>·100%=

8) Округление погрешности и среднего значения

$\Delta H =$

<H> =

9) Ответ: $\begin{cases} H = < H > \pm \Delta H = \\ \varepsilon = \underline{\qquad\qquad}\% \\ \alpha = 0{,}9 \end{cases}$

Вывод:

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Что такое твердость по Виккерсу.

2.Какая форма отпечатка при измерении микротвердости по Виккерсу на приборе ПМТ-3М.

3.Что такое коэффициент Стьюдента.

4.Какие методы используются при измерении твердости.

5.В чем заключается отличие между твердостью и микротвердостью.

6.Что называется индентором и какой вид индентера используется в нашей работе.

7.Какова цель нашей лабораторной работы.

Лабораторная работа №3. Определение элементного состава нанопленок

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Пользуясь методом РЭМ получить элементный состав нанопленок на стальных подложках.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ:

Растровый электронный микроскоп JEOLJCM- 5700, подложки из сталей 09Г2С,38Х2МЮА, Ст. 20с покрытиями до 100 нм.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Принцип действия РЭМ основан на использовании эффектов, возникающих при воздействии на поверхность объектов сфокусированным пучком электронов – зондом. Как показано на рис. 1, в результате взаимодействия электронов *1* с поверхностью образца *2* генерируются различные потоки. Основными из них являются поток электронов: отраженных *3*, вторичных *4*, Оже-электронов *5*, поглощенных *6*, прошедших через образец *7*, а также излучений: катодолюминесцентного *8* и рентгеновского *9*

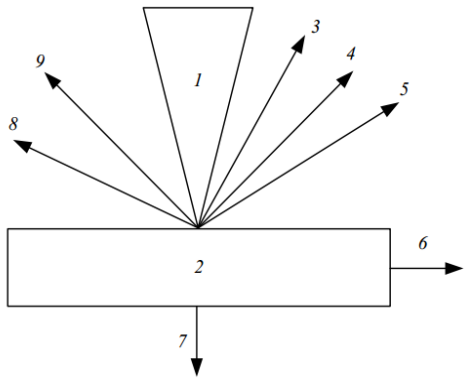


рис. 1

Эффекты взаимодействия электронного луча с объектом: *1* – электронный луч; *2* – объект; *3* – отраженные электроны; *4* – вторичные электроны; *5* – Оже-электроны; *6* – ток поглощенных электронов; *7* – прошедшие электроны; *8* – катодолюминесцентное излучение; *9* – рентгеновское излучение

Для получения изображения поверхности образца используют ся вторичные, отраженные и поглощенные электроны. Остальные излучения применяются вРЭМ как дополнительные источники информации.

Особенно важной характеристикой любого микроскопа является его разрешающая способность. Она определяется: 1) площадью сечения или диаметром зонда; 2) контрастом, создаваемым образцом и детекторной системой; 3) областью генерации сигнала в образце. Диаметр зонда в основном зависит от конструктивных особен ностей и качества узлов микроскопа и прежде всего электронной оптики. Часто используется РЭМ с диаметром зонда до 5–10 нм. Влияние контраста на разрешающую способность проявляется в следующем. Формирование контраста в РЭМ определяется раз ностью детектируемых сигналов от соседних участков образца: чем она больше, тем выше контраст изображения. Контраст зави сит от нескольких факторов: топографии поверхности, химическо го состава объекта, поверхностных локальных магнитных и элек трических полей, кристаллографической ориентации элементов структуры. Важнейшими из них являются топографический, зави сящий от неровностей поверхности образца, а также композици онный, зависящий от химического состава. Уровень контраста оп ределяется также и эффективностью преобразования падающего на детектор излучения, которое создает сигнал на его выходе. Если получаемый в итоге контраст недостаточен, то его можно повы сить, увеличив ток зонда. Однако большой поток электронов в си лу особенностей электронной оптики не может быть хорошо сфо кусирован, т. е. диаметр зонда возрастет и соответственно снизит ся разрешающая способность. Другой фактор, ограничивающий разрешение, зависит от раз меров области генерации сигнала в образце. Схема генерации раз личных излучений при воздействии электронного пучка на обра зец представлена на рис. 2. При проникновении первичных электронов в образец они рассеиваются во всех направлениях, по этому внутри образца происходит расширение пучка электронов. Участок образца, в котором первичные электроны тормозятся до

энергииВ связи с этим процессы рассеивания электронов внутри образца оказывают большое влияние на разрешающую способность изображений, получаемых в отраженных, вторичных и поглощенных электронах.

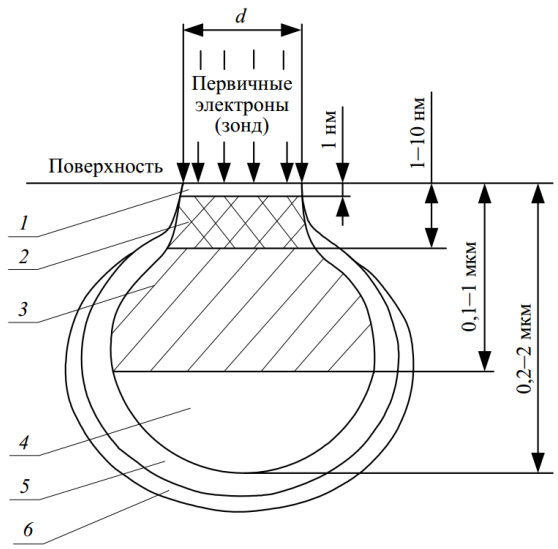


Рис. 2.

Области сигналов и пространственное разрешение при облучении поверхности объекта потоком электронов (зонд). Области генерации: *1* – Оже-электронов; *2* – вторичных электронов; *3* – отраженных электронов; *4* – характеристического рентгеновского излучения; *5* – тормозного рентгеновского излучения; *6* – флюоресценции

Отраженные электроны. Они образуются при рассеивании первичных электронов на большие (до 90º) углы в результате однократного упругого рассеивания или в результате многократного рассеивания на малые углы. В конечном итоге первичные электроны, испытав ряд взаимодействий с атомами образца и теряя при этом энергию, изменяют траекторию своего движения и покидают поверхность образца. Размеры области генерации отраженныхэлектронов в материале образца. Протяженность области возрастает с увеличением ускоряющего первичные электроны напряжения и уменьшения среднего атомного номера *Z* элементов, входящих в состав образца. Протяженность области может изменяться от 0,1 до 1 мкм. Электроны, потерявшие в процессе отражения часть энергии, покидают образец на относительно больших расстояниях от места падения

электронного зонда. Соответственно сечение, с которого получают сигнал (см. рис. 2), будет существенно больше сечения зонда. Поэтому разрешение РЭМ в режиме регистрации отраженных электронов небольшое и изменяется от десятков нанометров при работе с невысокими ускоряющими напряжениями и тяжелыми материалами до сотен нанометров при работе с большими ускоряющими напряжениями и легкими материалами. Важной особенностью эмиссии отраженных электронов является ее зависимость от атомного номера элементов. Если атомный номер атомов материала в точке падения первичного пучка электронов мал (легкие атомы), то образуется меньшее количество отраженных электронов с малым запасом энергии. В областях образца, содержащих высокую концентрацию атомов с большим атомным номером (тяжелые атомы), большее число электронов отражается от этих атомов и на меньшей глубине в образце, поэтому потери энергии при их движении к поверхности меньше. Эти закономерности используются при получении изображений в отраженных электронах.

Вторичные электроны. Первичные электроны, проникающие в образец, взаимодействуют с электронами внешних оболочек атомов объекта, передавая им часть своей энергии. Происходит ионизация атомов образца, а высвобождающиеся в этом случае электроны могут покинуть образец и быть выявлены в виде вторичных электронов. Они характеризуются очень малой энергией (до 50 эВ)дятся паспортные характеристики прибора. Количество образующихся вторичных электронов слабо зависит от атомного номера элемента. Основным параметром, определяющим выход вторичных электронов, является угол падения пучка первичных электронов на поверхность объекта. Таким образом, вариации наклона микроучастков поверхности вызывают резко выраженные изменения в выходе вторичных электронов. Этот эффект используется для получения информации о топографии поверхности. С целью увеличения эмиссии вторичных электронов часто образец устанавливается под углом к оси зонда. При этом будет ухудшаться резкость изображения – размытее по краям. Для ее

исправления вРЭМ предусмотрена система компенсации угла наклона. Метод наклона образца применяют при исследовании плоских объектов (металлографических шлифов и др.). Для образцов с сильно развитым рельефом полностью провести коррекцию угла наклона не удается.

Поглощенные электроны. При воздействии зонда часть генерируемых электронов остается в объеме образца (см. рис. 2). Так, при энергиях первичного пучка 10–20 кэВ примерно 50% от общего числа образующихся вторичных и отраженных электронов достигают поверхности образца и покидают ее. Оставшиеся электроны образуют ток поглощенных электронов (см. рис. 1). Его величина равна разности между током зонда и токами отраженныхи вторичных электронов. Эта разность является сигналом для получения изображения, на которое оказывают влияние как топографический, так и композиционный эффекты. Поглощенные электроны генерируются в большом объеме(см. рис. 2). Разрешающая способность при получении изображений в этом случае имеет такой же порядок, как и для отраженных электронов. Данный метод получения изображений используется редко из-за малой разрешающей способности.

Технические возможности растрового электронного микроскопа

Электронный микроскоп позволяет: 1. Непосредственно исследовать большие площади поверхностей на массивных образцах и даже деталях в широком диапазоне увеличений от 10× до 50 000× и выше с достаточно высоким разрешением. При этом не требуется, как для ПЭМ, выполнение сложных и длительных операций по изготовлению специальных объектов – реплик, прозрачных для электронного луча. Исключается возможность погрешностей вследствие деформации реплик при снятии их с объекта и под действием электронного луча. 2. На РЭМ можно исследовать общий характер структуры всей поверхности объекта при малых увеличениях и детально изучить любой интересующий исследователя участок при больших увеличениях. При этом отпадает необходимость в разработке специальных прицельных методов. Переход от малых увеличений к большим на РЭМ

осуществляется быстро и просто. Возможность быстрого изменения увеличения в процессе работы микроскопа от 10× до 50 000× позволяет легко устанавливать полезное увеличение. Оно определяется как M пол □□200 мкм d , где d – диаметр соответствующего элемента изображения в мкм. Нужно также иметь в виду, что изображение будет точно сфокусировано, когда область зондирования пучком на образце меньше, чем размер элемента изображения. 3. РЭМ имеет большую глубину фокуса, что позволяет наблюдать объемное изображение структуры с возможностью ее количественной оценки. Создаются условия прямого изученияструктуры поверхностей с сильно развитым рельефом, например изломов. 4. РЭМ обычно снабжен микроанализаторами химического со става, что позволяет получать более полную информацию о поверхности изделия.

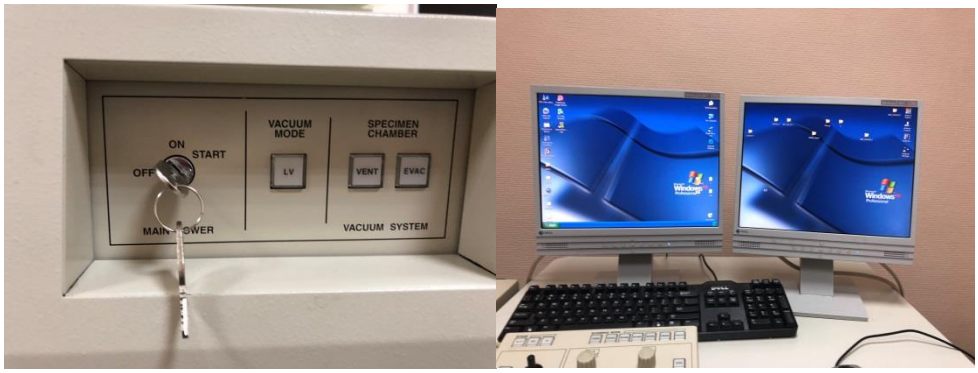
При выполнении данной работы по заданию преподавателя необходимо выполнить следующее:

1. Осуществить подбор ускоряющего напряжения в соответствии с выбранным образцом и режимом исследования (от 5 до 20 кВ), произвести загрузку образцов. 2. Получить предварительное изображение. Произвести фокуси ровку и настройку стигмаций для получения наиболее четкого изображения. 3. Провести сканирование при разных увеличениях. Сохранить резуль таты сканирования. 4. Провести измерение линейных размеров объектов по указа нию преподавателя.

ХОД РАБОТЫ

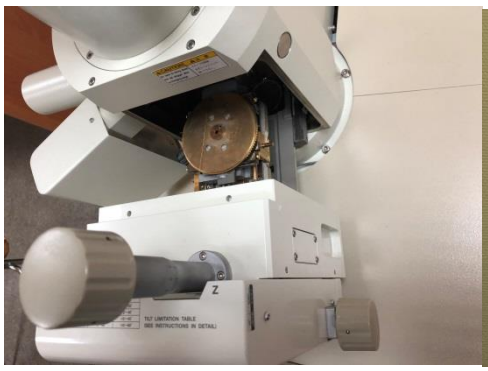
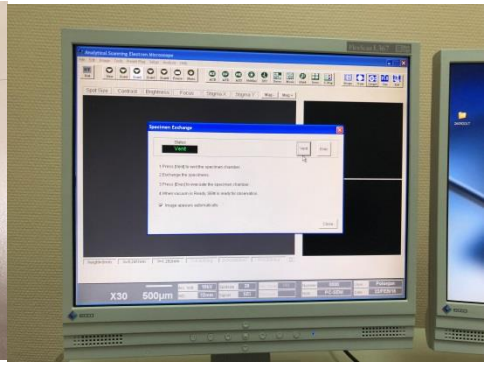
Перед выполнением лабораторной работы необходимо изучить строение сканирующего электронногомикроскопа, изучить основные характеристики, режимы сканирования, изучить особенности подготовки образцов к сканированию.

Включение прибора

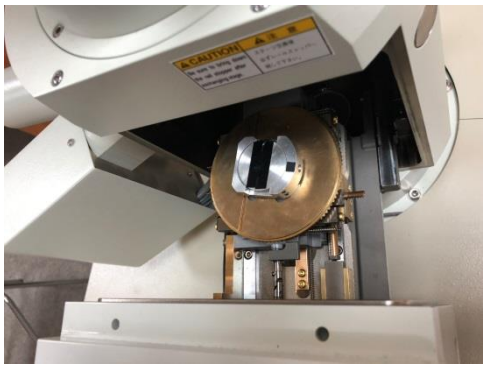


Включение компьютера и загрузка программы

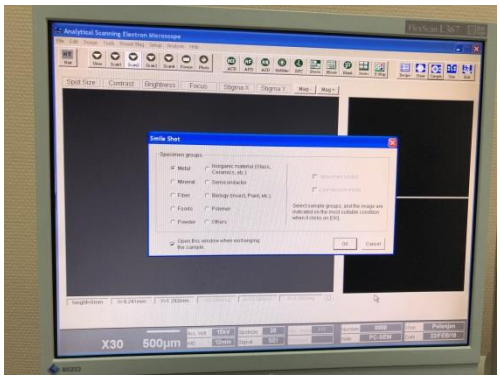
Подготавливается на оправке образец

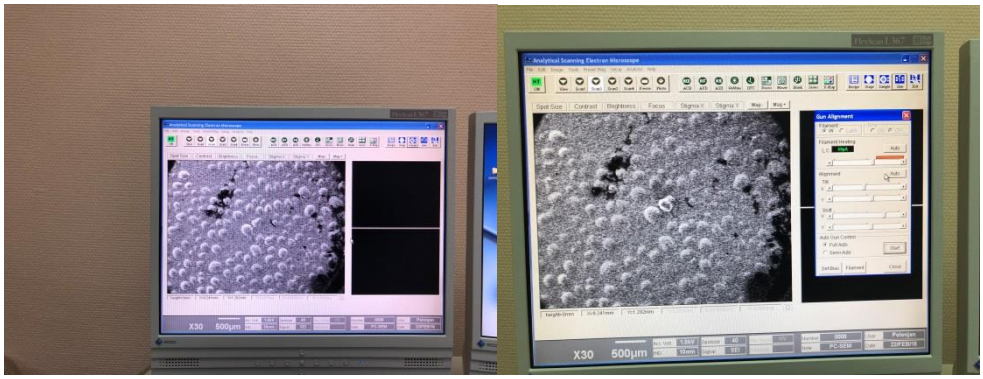
Разгерметизируется камера и устанавливается образец в камеру



Закрывается камера, создается вакуум, выбирается материал исследования



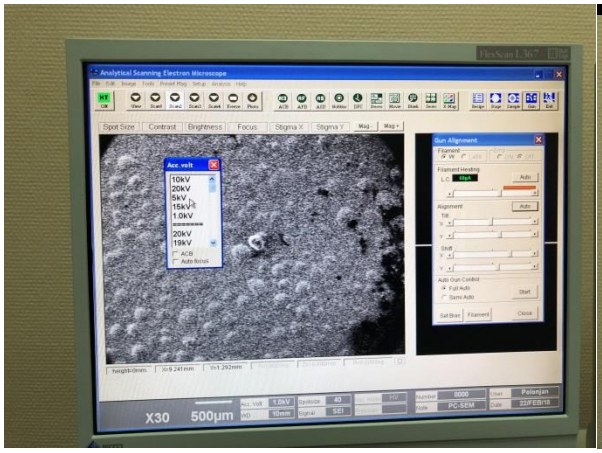
Получаем предварительное изображение

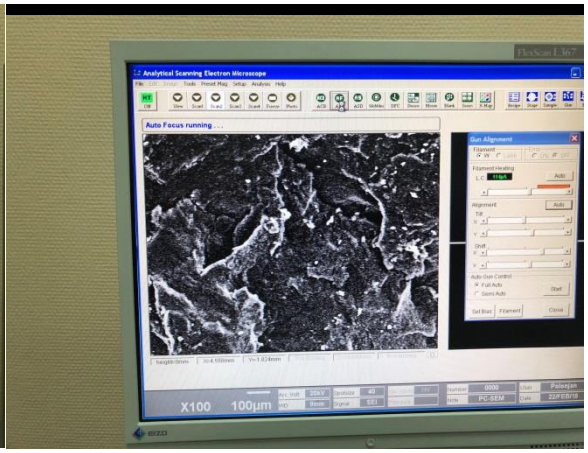


нажимаем на кнопку Gun(в верхнем правом углу экрана)

и проводим проверку всех параметров в режиме AUTO

Выставляем ускоряющее напряжение на необходимое значение





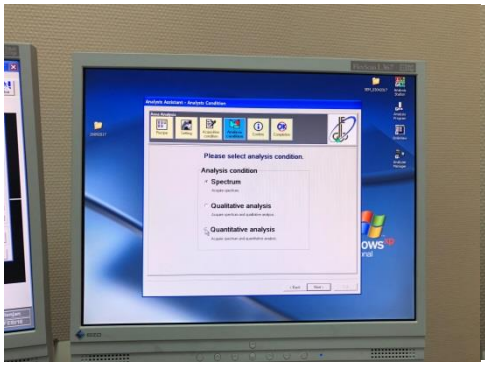
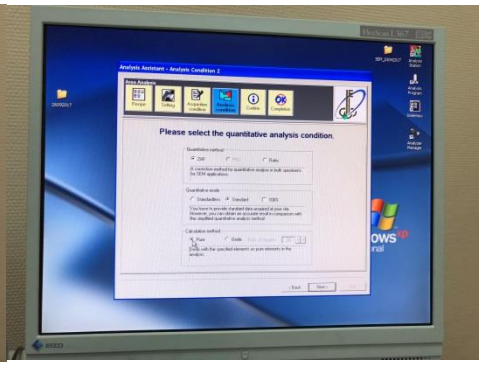
Выбираем увеличение, область исследования.Проведем несколько раз подстройкуфокусировки и стигмацийкнопкамиACB,AFD,ASD. До получения изображение в хорошем качестве. При этом мы можем

пе перемещать столик влево ,вправо ручкамиXAXIS ,YAXIS, а ручкой T поворачивать на угол до 90 градусов. Необходимо строго соблюдать расстояние от образца до зонда(9-11 единиц) После получения четкого изображения на экране

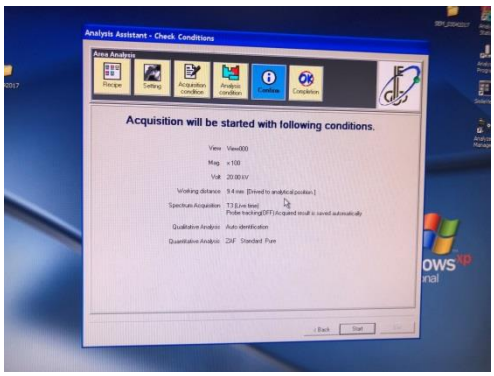
нажмите кнопку PHOTO и произведите сканирование и сохранение объекта.

Далее по рабочей инструкции растрового электронного микроскопа JEOLJCM- 5700 проводим анализ выбранной области

Определяем вид анализа

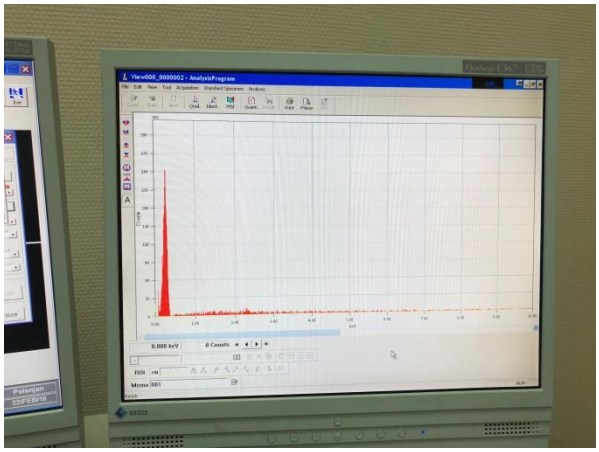



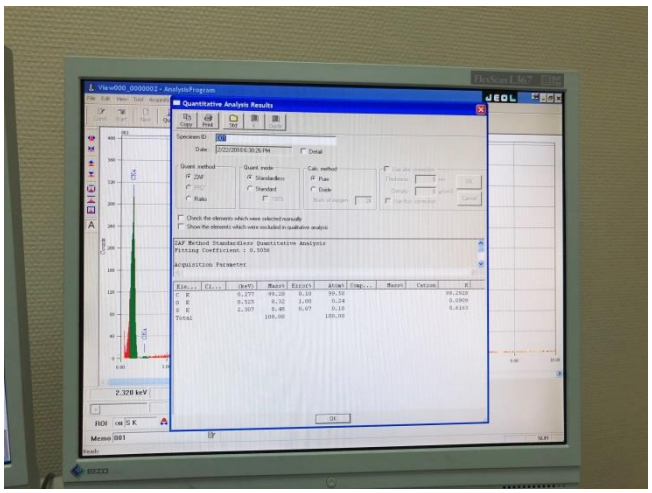
Проверяем на правдивость измерений



И получаем количественный состав образца, сохраняем данные и при необходимости проводим повторный анализ в другой области и другого вида .

Результаты измерений





Количественный состав образца,

Вывод:

Контрольные вопросы 1. Какие условия необходимо соблюдать при сканировании диэлектриков? 2. Какие из режимов сканирования наиболее предпочтительны в даннойработе? 3. По какой причине в камере сканирования должен поддерживаться высокий вакуум? 4.В чем суть атомно-силовой микроскопии

Приложение №1

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Омский государственный технический университет»

Кафедра «Физика»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №1

«Синтез нано пленок на металлических подложках»

Выполнил студент гр.

Проверил:

Омск 2018 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Омский государственный технический университет»

Кафедра «Физика»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №2

Измерение микротвердости модифицированных поверхностей

Выполнил студент гр.

Проверил:

Омск 2018 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Омский государственный технический университет»

Кафедра «Физика»

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №3

«Оптические исследования модифицированной поверхности»

Выполнил студент гр.

Проверил:

Омск 2018 г.

Литература

1. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. – Н. Новгород, Ин-т физики микроструктур РАН, 2004.

2. Оптические дисковые системы: Пер. с англ./Г. Боухьюз, Дж. Бр

3.Паспорт микротвердомера ПМТ -3М

4.ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007. Металлы и сплавы. Измерениетвердости по Виккерсу.

5. В.С. Золотаревский. Механические свойства металлов. М. МИСИС. 1998. 400с.

6.Наноматериалы и основы нанотехнологий : учеб. пособие / О. В. Кропотин
[и др.]; ОмГТУ. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2012. - 102 с.

7.Нанотехнологии в машиностроении : учеб. пособие для вузов / Ю. Н. Полянчиков [и др.]. - Старый Оскол: ТНТ, 2012. - 91 с.

8.Получение и исследование наноструктур: лаб. практикум по нанотехнологиям / А. А. Евдокимов [и др.] ; под ред. А. С. Сигова. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2010. -146 с.