

343 УТВЕРЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
"БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ"

УДК 621.3.049.77:621.793

ЗАВАДСКИЙ СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ

**ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ
ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР НА
РЕЛЬЕФНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ**

05.27.06 - "Технология и оборудование для производства
полупроводников, материалов и приборов электронной техники"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Навукова-
бібліяграфічны
аддзел

Установа адукацыі
"Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт
імя П.М.Машэрава"
БІБЛІЯТЭКА

Минск 2002

00.624
173

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

Работа выполнена в Учреждении образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники".

Научный руководитель: академик НАНБ, д.т.н., проф. Достанко А.П. (Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники"; зав. кафедрой ЭТГ)

Научный консультант: к.т.н. Сवादковский И.В. (Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники"; зав. НИЛ 10.1 кафедра ЭТГ)

Официальные оппоненты: д.т.н., проф. Сокол В.А. (Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники"; зав. кафедрой микроэлектроники), к.т.н., Касинский Н.К. (Республиканское унитарное предприятие "Оптическое станкостроение и вакуумная техника"; директор).

ИПО "НАУТЕГРАД"

Оппонирующая организация:

Защита _____ в на заседании совета по защите диссертации Д.02.15.03 в Учреждении образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (220027, г. Минск, ул. П. Бровки, 6; ауд. 232, тел. 239-89-89).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждения образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники".

Автореферат разослан "24" мая 2002 года.

Ученый секретарь совета

по защите диссертаций,

д.ф.-м.н., проф.

И.И. Абрамов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации.

В настоящее время происходит создание нового поколения технологических процессов формирования тонкопленочных структур на рельефной поверхности, которые обладают высокими эксплуатационными и техническими характеристиками. Достижения в этой области позволят выйти на качественно новый уровень производства изделий микро- и оптоэлектроники, электронной техники и оптики, поскольку они приблизят решение вопросов получения тонкопленочных структур с уникальными электрофизическими и эксплуатационными характеристиками.

Отечественные и зарубежные исследования свидетельствуют, что один из наиболее реальных путей решения этих задач лежит в направлении использования метода ионного распыления благодаря его исключительным возможностям и достоинствам: высокая технологичность метода, универсальность по роду применяемых материалов, простота применения.

При ионном распылении металлических мишеней кинетическая энергия конденсирующихся атомов (1...10 эВ) значительно превышает энергию атомов, полученных термическим испарением (порядка 0,1 эВ) /1,2/. Следствием этого является различный уровень энергетического воздействия на поверхность подложки. В итоге, адгезия и плотность пленок, полученных распылением, заметно выше, по сравнению с пленками, полученными термическим испарением. Очевидно, данное явление обязано эффектам дополнительной очистки поверхности за счет каскадных столкновений, образованию дополнительных локальных дефектов на поверхности, внедрению конденсирующихся атомов в приповерхностную область, повышению поверхностной температуры.

В то же время научные разработки последних лет свидетельствуют о гораздо более широких потенциальных возможностях метода. Наиболее активно развивающимся направлением при этом является разработка технологических процессов формирования тонкопленочных структур с особыми функциональными свойствами: высокие адгезионные, механические и трибологические характеристики, магнитные, сверхпроводящие, фотоэлектрические свойства, оптические характеристики и т.д.

Одно из основных направлений деятельности ведущих научных центров и

лабораторий по разработке новых технологических методов и оборудования для нанесения тонких пленок основано на использовании плазмы или ионных пучков как технологического инструмента для формирования заданных свойств тонкопленочных структур. Благодаря дополнительному вводу энергии в процесс нанесения оказывается возможным получение тонких пленок с уникальными свойствами, которые не достижимы для массивных образцов. Несмотря на теоретическую проработку принципов применения ионно-стимулированного нанесения в технологии формирования пленочных структур, техническая реализация его не достаточно совершенна, что накладывает отпечаток на характеристики процесса и параметры структур. В этой связи разработка научных и практических аспектов ионно - плазменной технологии выдвигается на первый план и представляется актуальной.

Связь работы с крупными научными программами, темами.

Работа выполнялась в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники в рамках госбюджетных НИР по проектам Министерства образования РБ ГБЦ1334/01, ГБЦ 1535/98, ГБЦ 1551/99, ГБЦ 1557/00, договора №4805 «02.12. Разработать и изготовить тепловыделяющие элементы на гибких и жестких носителях и автоматизированный комплекс для их производства» ГНТП "Диагностика, медицинская техника и оборудование", где автор является ответственным исполнителем, и проекта Фонда фундаментальных исследований "Разработка научных основ формирования покрытий повышенной износостойкости на сложнорельефных поверхностях" (1992 - 1994 гг., №Т14-176).

Цель и задачи исследования.

Целью работы является разработка интегрированных ионно – плазменных процессов для формирования тонких пленок и систем для нанесения на поверхность микрорельефных и тканых подложек тонких металлических и диэлектрических пленок, с улучшенной адгезионной способностью. Задачи исследования:

- разработать интегрированные ионно - плазменные системы и процессы на их основе, экспериментальные установки для нанесения тонкопленочных структур функционального назначения;
- провести исследования влияния режимов ионной обработки на адгезионные свойства формируемых тонких пленок;

- экспериментально исследовать процессы реактивного ионно - лучевого распыления металлов (Al, Ti);
- разработать и внедрить в практику новые технологические процессы нанесения тонких пленок с улучшенными свойствами на микронные рельефы и гибкие подложки.

Объект и предмет исследования.

Объектом исследования являются интегрированные ионно-плазменные процессы формирования тонкопленочных структур из разряда в скрещенных $E \times H$ полях. Предметом исследования являются химико - физические процессы, закономерности и механизмы взаимодействия ионов и конденсирующегося материала, протекающие в объеме и на поверхности различных подложек в процессе конденсации при ионно - плазменном нанесении тонкопленочных слоев и в условиях перераспыления.

Методология и методы проведенного исследования.

При решении поставленных задач исследовалась поверхность образцов, оптические свойства (коэффициент пропускания), скорости формирования пленок.

Поверхность получаемых образцов исследовалась по микрофотографиям, полученным на растровом электронном микроскопе "Самеса". Коэффициент пропускания определялся по ослаблению излучения на длине волны 750 нм, толщина измерялась на микроинтерферометре МИИ4.

Состав газовой среды в процессе десорбции примесей с поверхности подложек проводился при помощи масспектрометра МХ7304. Скорость десорбции оценивалась по интенсивности регистрируемых пиков.

Научная новизна и значимость полученных результатов.

1. Разработаны принципы создания и предложена классификация интегрированных распылительных систем. Созданы физикотехнические предпосылки для разработки процессов формирования функциональных слоев с распределенными свойствами методами ионно-стимулированного распыления с технологически приемлемыми скоростями.

2. Разработаны варианты конструкций интегрированных распылительных систем, обеспечивающих работу при пониженном (вплоть до $2 \cdot 10^{-2}$ Па) давлении и способные проводить ионно - стимулированные и реактивные процессы

формирования тонких пленок.

3. С использованием методики масспектрометрического контроля экспериментально исследована динамика активной десорбции газовых примесей из стеклянных подложек для молекул воды и азота в зависимости от интенсивности ионного пучка.

4. Установлено, что в процессе реактивного ионно - лучевого синтеза диэлектрических покрытий при дифференцированном газоснабжении разрядной области образование окисленных пленок возможно при скоростях, соизмеримых со скоростями формирования металлических пленок (на примере Al и Ti).

5. Получено аналитическое выражение, устанавливающее зависимость толщины формирующихся пленок с учетом геометрии субмикронного рельефа подложки в присутствии ионного пучка. Показана возможность регулировки параметров нанесения за счет изменения интенсивности дополнительного ионного пучка.

Практическая значимость полученных результатов.

1. Разработаны варианты снижения рабочего давления до 2×10^{-2} Па без снижения тока разряда. Разработаны и испытаны конструкции интегрированных ионно - плазменных систем для ионно - стимулированного формирования пленок.

2. Разработана экспериментальная методика контроля и исследования процесса ионной очистки на базе модифицированного масспектрометра МХ-7304, для контроля десорбированных газовых примесей с поверхности подложек.

3. Предложена схема раздельной подачи газов в разрядную область и область формирования пленки на поверхности подложки (на примере Al_2O_3 , TiO_2 , SiO_2), что позволило получать тонкопленочные слои диэлектриков из металлических мишеней с повышенными эксплуатационными характеристиками и использовать их в качестве элементов конструкции изделий НТФ "ИЗОВАК" для повышения их потребительских качеств.

4. Разработаны базовые технологические процессы локально управляемого нанесения тонких пленок на микронные ступенчатые рельефы подложек, перспективные для вакуумных интегральных схем и схема дифференцированного газоснабжения при реактивном ионно-лучевом распылении.

5. С использованием методики формирования тонкопленочных слоев на рельефных поверхностях были изготовлены элементы конструкций экранов, испытания которых показали эффективность ослабления электромагнитного

излучения - 15 dB в диапазоне 1.5 - 26.5 ГГц.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту.

1. Конструкции интегрированных ионно - плазменных систем и новые технологические процессы для нанесения металлических и диэлектрических пленочных покрытий различного функционального назначения включая "рулонные технологии".

2. Экспериментальные зависимости времени обратной десорбции газовых примесей в зависимости от интенсивности ионного пучка, позволяющие оптимизировать процессы ионной очистки подложек и последующего нанесения тонких пленок.

3. Методика управляемого нанесения материала на микронный рельеф поверхности подложки и одновременного его перераспыления из локально утолщенных участков.

4. Схема дифференцированного газоснабжения при ионно - лучевом реактивном формировании тонкопленочных слоев оксидов.

Личный вклад соискателя.

Содержание диссертации отражает личный вклад автора. Он заключается в подготовке и проведении теоретического анализа методов нанесения тонких пленок, подготовке и постановке экспериментов по формированию тонких пленок на рельефной поверхности, нанесению диэлектрических пленок, разработке представленной в диссертации модели и схемы дифференцированного газоснабжения при реактивных ионно-лучевых процессах.

Апробация результатов диссертации.

Материалы, вошедшие в диссертационную работу, докладывались и обсуждались на международной конференции "Физика и техника плазмы", г.Минск, Беларусь, 13-15 сентября 1994г., III International Conference Plasma physics and plasma technology: Contributed papers, Minsk, Belarus, September 18-22, 2000 / Institute of Molecular and Atomic Physics National Academy of Sciences of Belarus.- Minsk, 2000, на IV международной конференции "Современные средства связи" (Нарочь, 1999г.).

Опубликованность результатов.

Результаты исследований по теме диссертации опубликованы в печатных работах общим объемом 29 страниц. По материалам диссертационной работы опубликованы: 1 монография, 3 статьи в научно-технических журналах, 4 - в сборниках материалов конференций, 7 тезисов докладов в сборниках тезисов конференций.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из общей характеристики работы, пяти глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, списка использованных источников и двух приложений. Общий объем диссертационной работы составляет 112 страниц, из которых 82 страницы машинописного текста. Она включает 47 рисунка на 30 страницах, 1 таблицу на 1 странице, библиографию из 125 наименований на 9 страницах и 2 приложения на 2 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В общей характеристике работы определено основное направление, обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель и задачи работы, изложены положения, выносимые на защиту, охарактеризована научная новизна, научная и практическая значимость полученных в работе результатов.

В первой главе рассмотрены особенности ионно - плазменных и ионно - лучевых методов получения тонких пленок, методы формирования пленочных структур оптического назначения, формирование тонкопленочных структур на рельефных подложках, влияние ионной бомбардировки на параметры формируемых тонкопленочных слоев.

При объединении магнетронной распылительной системы (представителя ионно – плазменных методов) и ионно- лучевого источника на базе ускорителя с анодным слоем в единую систему возможны следующие типы интеграции:

1. Компоновочная интеграция - предусматривает размещение магнетронной распылительной системы и ионно- лучевого источника в едином вакуумном объеме. Позволяет проводить в едином вакуумном цикле поочередно операции ионной очистки и нанесения металлических и диэлектрических слоев.

2. Разрядная интеграция – предусматривает, помимо расположения магнетронной распылительной системы и ионно-лучевого источника на единой вакуумной арматуре, возможность их одновременного функционирования. Позволяет проводить процессы ионно - стимулированного нанесения тонких пленок.

3. Магнитная и газовая интеграция - предусматривает интеграцию магнетронной распылительной системы и ионно-лучевого источника в одном устройстве. Позволяет проводить стимуляцию как роста пленок, так и процесса плазмообразования в магнетронной распылительной системе.

Показана перспективность разработки технологических устройств и процессов, совмещающих в себе достоинства магнетронных и ионно – лучевых методов формирования тонких пленок. Область применения подобных устройств – различные ионно-ассистированные процессы формирования тонких пленок, в том числе отдельные этапы формирования матричных автоэмиссионных катодов (МАК).

Сформулирована задача проектирования новых интегрированных систем и процессов с их использованием, заключающаяся в обеспечении условий

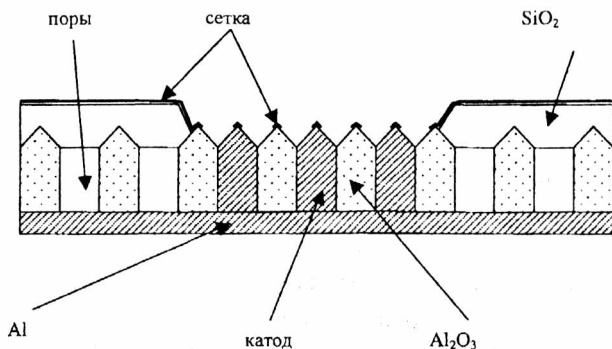


Рис. 6. Структурная схема элемента на матричных автоэмиссионных катодах.

При нанесении электрода сетки и подсеточного диэлектрика использовалась разработанная интегрированная распылительная система. В качестве подсеточного диэлектрика наносился оксид кремния. Проводилось распыление мишени из монокристаллического кремния в среде инертного газа (Ar) с дифференцированной газоподачей кислорода. Была достигнута скорость нанесения пленки SiO_2 3 Å/s. Диэлектрическая прочность полученных пленок оксида кремния составила 950 В/мкм.

В приложениях представлены акты о внедрении результатов диссертационной работы.

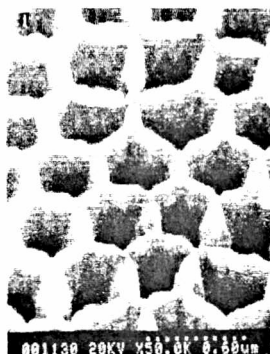


Рис. 7. Поверхность для МАК

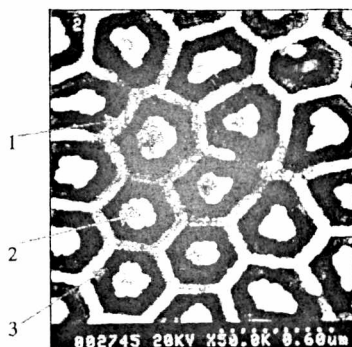


Рис. 8. Поверхность структуры с МАК после формирования электрода сетки,
1 – электрод сетки, 2 – катод, 3 – зазор катод – сетка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны и испытаны конструкции интегрированных ионно - плазменных систем для ионно - стимулированного формирования пленок. Созданы физико-технические предпосылки для разработки процессов формирования функциональных слоев с распределенными свойствами методами ионно-стимулированного распыления с технологически приемлемыми скоростями /2,3,4,5,7,9,10,15/.

2. Разработана экспериментальная методика контроля и исследования процесса ионной очистки на базе модифицированного масспектрометра МХ7304 для контроля десорбированных газовых примесей с поверхности подложек /13/.

3. Разработана схема дифференцированного газоснабжения при ионно - лучевом реактивном формировании тонкопленочных слоев оксидов (на примере Al_2O_3 , TiO_2), что позволило получать тонкопленочные слои металлов и диэлектриков из металлических мишеней с повышенными эксплуатационными характеристиками и использовать их в качестве элементов конструкции изделий НТФ "ИЗОВАК" для повышения их потребительских качеств /5/.

4. Разработаны базовые технологические процессы локально управляемого нанесения тонких пленок на ступенчатые рельефы подложек, перспективных для вакуумных интегральных схем /1,8,11/.

5. Изготовлены элементы конструкции экранов электромагнитного излучения на основе металлических и диэлектрических тонкопленочных покрытий, наносимых на поверхность микронных волоконных матриц. Изготовленные элементы экранов испытаны и внедрены в НИИ - 5.3 БГУИР в качестве элементов гибких конструкций экранов электромагнитного излучения с эффективностью - 15 dB в диапазоне 1.5 - 26.5 ГГц /1,8/.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Монография

1. Лыньков Л.М., Богуш В.А. Глыбин В.П., Гусинский А.В., Кострикин А.М., Дзисяк А.Б., Петрова В.А., Сवादковский И.В., Завадский С.М., Хижняк А.В., Чембровиц В.Е. Гибкие конструкции экранов электромагнитного излучения. – Мн.: БГУИР, 2000.- 284 с.

Статьи, материалы конференций

2. Федосенко Г.Н., Достанко А.П., Емельянов В.А., Свадковский И.В., Панков В.В., Завадский С.М. Применение энергетичных пучков для получения алмазоподобных пленок// Электронная обработка материалов.- 1996.- №2.- С. 18-19.

2. Shiripov V.J. , Pankov V.V., Svadkovski I.V., Khokhlov A.E., Fedosenko G.N., Zavatskiy S.M. Production of diamond-like carbon films using energetic beams// Journal of Chemical Vapor Deposition.-1996.- Vol. 4., №4.- P. 311-317.

4. Влияние ионной бомбардировки на параметры пленок нитрида бора. / Д.А. Голосов, И.В. Свадковский, С.М. Завадский, А.П. Достанко // Материалы II Международной конференции "Взаимодействие излучения с твердым телом". Минск, Беларусь, 23-25 сентября 1997 г. БГУ, НАН РБ, Мин. образования РБ.- Минск., 1997.- С. 84.

5. Zavatskiy S.M., Khokhlov A.E., Golosov D.A. Oxide films deposition using reactive ion beam sputtering with differentiated gas supply// III International Conference Plasma physics and plasma technology: Contributed papers, Minsk, Belarus, September 18–22, 2000. Institute of Molecular and Atomic Physics National Academy of Sciences of Belarus.- Minsk.- 2000.- Vol. 2.- P. 441 – 443.

6. Developing and investigation of unbalanced magnetron sputtering system/ I.V. Svadkovski, A.P. Dostanko, D.A. Golosov, S.M. Zavatskiy// III International Conference Plasma physics and plasma technology: Contributed papers, Minsk, Belarus, September 18–22, 2000. Institute of Molecular and Atomic Physics National Academy of Sciences of Belarus.- Minsk. - 2000.- Vol. 2.- P. 716-719.

7. Svadkovski I.V., Golosov D.A., Zavatskiy S.M. Low pressure unbalanced magnetron and ion beam assisted magnetron sputtering// NEET' 2001 (New electrical and electronic technologies and their industrial implementation). II international symposium Kazimierz Dolny, Poland, February, 14-17, 2001. - P. 217-221

8. Осаждение тонких пленок на гибкие трикотажные полотна для формирования радиопоглощающих экранов/ В.А. Богущ, С.М. Завадский, Л.М. Лыньков, В.А. Петрова. // Известия Белорусской инженерной академии. - 1999. - №1(7)/2.- С. 171 – 173.

Тезисы докладов

9. Хохлов А.Е., Завадский С.М., Ширипов В.Я. Комбинированная система распыления на основе разрядов в скрепленных полях// Тез. докл. на Научной конференции профессорско-преподавательского состава, сотрудников, докторантов, аспирантов, посвященной 30-летию деятельности коллектива Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, г. Минск, 15-18 февраля 1994г.- Мн., 1994.- С.88.

10. Хохлов А.Е., Завадский С.М., Ширипов В.Я. Система распыления на основе магнетронного разряда, стимулируемого ионным пучком// Тез. докл. на Международной конференции "Физика и техника плазмы", г. Минск, Беларусь, 13-15 сентября 1994г.-Т.2.- Мн., 1994.- С.289.

11. Хохлов А.Е., Завадский С.М. Использование направленного ионного потока при формировании равномерных по толщине покрытий на сложнорельефных поверхностях// Взаимодействие излучений с твердым телом г. Минск, 16-19 октября 1995: Тез. конф.- Мн., 1995 г.- С 47.

12. Shiripov V.J., Pankov V.V., Svadkovski I.V., Khokhlov A.E., Fedosenko G.N., Zavadski S.M. Production of diamond-like carbon films using energetic beams// International Conference on C-BN and Diamond Crystallization under Reduced Pressure. Jabionna near Warsaw, Poland, June 27-29, 1995г.-Warsaw, 1995.-P.67.

13. The cubic boron nitride films prepared by the dual ion beam deposition technique/ D.A. Golosov, I.V. Svadkovski, A. P. Dostanko, S.M. Zavadski // European Materials Research Society, 1997 spring meeting. Strasbourg, France, June – Strasbourg, 1997.- P. 16.

14. Ion bombardment effect in boron nitride films formation/ D.A. Golosov, I.V. Svadkovski, S.M. Zavadski, A.P. Dostanko // Materials Research Society, 1997 fall meeting. Boston, USA, December 1-5, 1997.- Boston, 1997.-P87.

15. Svadkovski I.V., Golosov D.A., Dostanko A.P., S.M. Zavadski, Kotov D.A. Influence of the assisting ion beam energy ranges on the BN films structure// European Materials Research Society, 1998 spring meeting. Strasbourg, France, June 16-19, 1998.-P166.



Завацкі Сяргей Міхайлавіч

**ІНТЭГРАВАННЯ ІОННА-ПЛАЗМЯННЫХ ПРАЦЭСЫ
ФАРМАВАННЯ ТОНКАПЛЕНАЧНЫХ СТРУКТУР НА РЭЛЬЕФНЫХ
ПАВЕРХНЯХ**

Ключавыя словы: іон, пленка, магнетрон, іонна – прамяневы істочнік, адгезія, аксід, рэльеф, нанясенне, распыленне.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца інтэграваныя іонна – прамяневые працэсы для фарміравання тонкіх плёнак і сістэм для нанясення на паверхнасці мікрарэльефных і тканых падложак тонкіх металічных і дыэлектрычных плёнак, з палепшанай адгезійнай спосабнасцю.

Распрацаваны інтэграваныя іонна-прамяневые сістэмы, працэсы на іх базе і эксперыментальныя устаноўкі для нанясення тонкіх плёнак.

Распрацаваныя іонна – прамяневые сістэмы функцыянуюць у шырокім дыяпазоне ціску $2 - 8 \times 10^{-2}$ Па, забяспечваючы магчымасць правядзення шырокага спектру тэхналагічных працэсаў з ужываннем дадатковага энэргетычнага ўплыву на фарміруемую плёнку.

Знойдзены ўмовы ужывання йоннага пучка, як інструмента для ачысткі паверхнасці цвёрдых цел. Праведзены эксперыментальныя даследаванні працэсаў дэсорбцыі прымясей з паверхнасці цвёрдага цела пад уздзеяннем йоннай бамбардыроўкі, апрадэлен час найбольшай актыўнай дэсорбцыі газавых прымясей з паверхнасці падложак. Вынікі даследаванняў дазваляюць прагназаваць тэхналагічныя рэжымы правядзення йоннай ачысткі паверхнасці перад нанясеннем плёначных структур.

Зроблен аналіз працэсаў фармавання кіслародсодержащих саедінений шляхам рэактыўнага распылення металічных мішеняў. Абгрунтавана і эксперыментальна даказана эфектыўнасць правядзення працэса з ужываннем прынцыпа раздальнага газаснабжэння. Паказана, што новая метадыка распылення дазволіць павысіць праізвадзельнасць працэса ў 2...3 разы.

Распрацавана феноменалагічная мадэль фармавання пакрыцця на рэльефнай падложке ў прысутнасці йоннай бамбардыроўкі. Паказана і эксперыментальна падцвержана эфектыўнасць прымянення йонных пучкоў для упраўлення ступенню запыленасці вертыкальных сценак углубленняў сложнарэльефных паверхнасцей.

РЕЗЮМЕ

Завадский Сергей Михайлович

Интегрированные ионно-плазменные процессы формирования тонкопленочных структур на рельефных поверхностях

Ключевые слова: ион, пленка, магнетрон, ионно – лучевой источник, адгезия, оксид, рельеф, нанесение, распыление.

Объектом исследования являются интегрированные ионно-плазменные процессы формирования тонкопленочных структур из разряда в скрещенных Е×Н полях. Предметом исследования являются химико - физические процессы, закономерности и механизмы взаимодействия ионов и конденсирующегося материала, протекающие на поверхности различных подложек в процессе конденсации при ионно - плазменном нанесении тонкопленочных слоев и в условиях перераспыления.

Разработанные интегрированные ионно – плазменные системы способны функционировать в широком диапазоне давлений $2 - 8 \times 10^{-2}$ Па, обеспечивая возможность проведения широкого спектра технологических процессов с применением дополнительного энергетического воздействия на поверхность конденсации.

Определены условия использования ионного пучка, как инструмента для очистки поверхности. Проведены экспериментальные исследования процессов десорбции примесей с поверхности твердого тела под действием ионной бомбардировки, определено время наиболее активной десорбции газовых примесей с поверхности подложек. Результаты исследований позволяют прогнозировать технологические режимы проведения операций ионной очистки перед нанесением пленочных структур.

Проведен анализ процессов формирования кислородсодержащих соединений путем реактивного распыления металлических мишеней. Обоснована и экспериментально доказана эффективность проведения процесса с использованием принципа дифференцированного газоснабжения. Показано, что новая методика распыления позволят повысить производительность процесса в 2...3 раза.

Разработана феноменологическая модель формирования покрытия на рельефной подложке в присутствии ионной бомбардировки. Показана и экспериментально подтверждена эффективность применения ионных пучков для управления степенью запыления вертикальных стенок углублений сложнорельефных поверхностей.

SUMMARY

Zavatskiy Sergey Mixailovich**The integrated ion plasma processes of thin film structures formation on complicated - relief surfaces.**

Key words: ion, thin film, magnetron, ion beam source, adhesion, oxide, relief, deposition, sputtering.

Object of investigation are development integrated ion plasma processes of thin film structures formation and systems for discharges with crossed $E \times H$ fields.

Subject of investigation are physical – chemical processes regularity and mechanisms ions and condensing materials on the surface substrate during thin films deposition at the resputtering.

Designed ion plasma systems are capable to operate in wide pressure range, ensuring an opportunity of carrying out of a wide spectrum of technological processes with application of padding energy action to the condensed surface. The range of working pressures at carrying out of such processes is $(2 - 8) \cdot 10^{-2}$ Pa.

The requirement parameters use of an ion beam, as instrument for clearing a surface are determined. The experimental research of processes of a desorption of impurities from a surface under activity of an ion bombardment are carried out, the time most of fissile desorption of gas impurities from a surface is spotted. The results of examinations allow to forecast technological modes of carrying out of operation of an ion-clearing process of a surface before deposition of film structures.

The analysis of processes of formation of metal oxide films is carried out by a reactive sputtering of metal targets. Experimentally efficiency of carrying out of process with use of a principle differentiated gaze supply is proved. Is shown, that a new procedure of a sputtering will allow to increase productivity of process in 2... 3 times.

The phenomenological model of formation of a coating on a relief substrate at the presence of an ion bombardment is designed. Is shown and experimentally efficiency of application of ion beams for guidance cover of a dust content of vertical walls of dimples relief of surfaces is confirmed.

Завадский Сергей Михайлович

**ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ
ФОРМИРОВАНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР НА РЕЛЬЕФНЫХ
ПОВЕРХНОСТЯХ**

05.27.06 - "Технология и оборудование для производства полупроводников,
материалов и приборов электронной техники"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано в печать 22.05.2002. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная.

Печать ризографическая. Усл. печ. л. 1,63. Уч.- изд. л. 1,1. Тираж 90 экз. Заказ 329.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники»

Лицензия ЛП № 156 от 05.02.2001.

Лицензия ЛВ № 509 от 03.08.2001.

220013, Минск, П. Бровки, 6.