

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова
Федеральная целевая программа «Исследования и разработки
по приоритетным направлениям развития
научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы»

**Квантовые компьютеры,
микро- и наноэлектроника
(физика, технология, диагностика
и моделирование)**

Сборник научных трудов
научно-практической
межрегиональной конференции

Ярославль, 22-23 сентября 2008 г.

Ярославль 2008

УДК 53:001.2/.4
ББК 3 844я43+386я43
К 32

Ответственный за выпуск
доктор физико-математических наук
Д.Ф. Белоножко

Квантовые компьютеры, микро- и наноэлектроника (физика, технология, диагностика и моделирование): сборник трудов научно-практической межрегиональной конференции / гтв. за вып. д-р физ.-мат. наук Д.Ф. Белоножко; Яросл. гос. ун-т. – Ярославль: ЯрГУ, 2008. – 188 с
ISBN 978-5-8397-0609-5

В сборник вошли научные статьи, отражающие результаты исследований, представленных на научно-практической межрегиональной конференции «Квантовые компьютеры, микро- и наноэлектроника (физика, технология, диагностика и моделирование)», проходившей в Ярославском государственном университете им. П.Г. Демидова 22 – 23 сентября 2008 г. В сборник включены теоретические, экспериментальные и обзорные статьи, посвященные наиболее актуальным проблемам развития микро- и наноэлектроники, квантовым компьютерам и некоторым смежным вопросам.

Конференция организована в соответствии с планом мероприятий государственного контракта № 02.552.11.7028 Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы»

УДК 53:001.2/.4
ББК 3 844я43+386я43

ISBN 978-5-8397-0609-5

© Ярославский государственный
университет, 2008

Оргкомитет конференции

Председатель

директор Физико-технологического института РАН, академик

А.А. Орликовский

Члены Оргкомитета:

замдиректора ФТИАН, д-р физ.-мат. наук

В.Ф. Лукичев

директор ЯФ ФТИАН, д-р техн. наук

А.Е. Бердников

замдиректора ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур», д-р физ.-мат. наук, проф.

А.С. Рудый

замдиректора ЯФ ФТИАН,

канд физ.-мат. наук

Э.Ю. Бучин

доц. кафедры микроэлектроники ЯрГУ

им. П.Г. Демидова, д-р физ.-мат. наук

Д.Ф. Белоножко

Программный комитет:

проф. С.П. Зимин (ЯрГУ)

проф. И.А. Кузнецова (ЯрГУ)

доц. А.Б. Чурилов (ЯФ ФТИАН)

доц. С.А. Кривелевич (ЯФ ФТИАН)

доц. О.С. Трушин (ЯФ ФТИАН)

Тематика докладов

- Квантовые компьютеры и квантовая информатика
- Микротехнология
- Нанотехнологии в электронике
- Зондовая диагностика наноструктур
- Наноматериалы
- Моделирование процессов микро- и нанотехнологии

ФОРМИРОВАНИЕ НАНО- И МИКРОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ В ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОМ, ЦИКЛИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

И.И. Амиров, А.В. Куприянов

Ярославский филиал Физико-технологического института РАН

Получение массивов микроигл на поверхности Si, обладающих различными функциональными свойствами [1-5], представляет большой интерес в технологии создания различных устройств и приборов микросистемной техники. Такие структуры образуются на поверхности пластины Si во фторосодержащей плазме в циклическом, двухстадийном травление/осаждение (Т/О) процессе в плазме $\text{SF}_6/\text{C}_4\text{F}_8$, SF_6/O_2 , и закономерности их формирования интенсивно исследуются [6-9]. Методом растровой электронной спектроскопии было выявлено, что в плазме $\text{SF}_6/\text{C}_4\text{F}_8$ причиной возникновения микроигл и столбчатых структур являются остатки травления фторуглеродной пленки (ФУП) [9]. Ядром зарождения микроигл являются фторуглеродные нанообразования, которые остаются на поверхности Si после ионно-стимулированного травления (ФУП). Их размеры растут с увеличением числа циклов травление/осаждение, и с определенного цикла из них образуется каркас фторуглеродной микромаски, необходимой для формирования микроигл. Предложенный механизм образования микроигл включал стадию зарождения, роста и стационарный участок их формирования. Начальная стадия развития микромаскирующего покрытия представляет наибольший интерес, так как неясно, что является причиной возникновения фторуглеродных нанообразований. Или это случайный процесс, возникающий в результате флуктуаций травления, или он обусловлен сетчатой природой ФУП.

Целью работы было исследование влияния параметров процесса на морфологию поверхности кремния в плазмохимическом циклическом (Т/О) процессе в плазме $\text{SF}_6/\text{C}_4\text{F}_8$ и определение природы возникновения нанообразований. Было проведено исследование морфологии поверхности методом растровой электронной спектроскопии с использованием фрактального анализа полученных изображений. Определение фрактальной размерности позволяет выявить возможный механизм образования наномикроструктур [10, 11].

Содержание

ФОРМИРОВАНИЕ НАНО- И МИКРОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ В ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОМ, ЦИКЛИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ 4	
И.И. Амиров, А.В. Куприянов	4
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО МАГНЕТИЗМА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ МЕТОДОМ МЕССБАУРОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ 9	
В.И. Бачурин, И.Н. Захарова, М.А. Шипилин, А.М. Шипилин	9
ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПЛЕНОК ПЛАЗМОСТИМУЛИРУЮЩИМ МЕТОДОМ	
В.Ф. Бочкарев, В.В. Овчаров.....	14
ИЗУЧЕНИЕ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК НА БАЗЕ КРЕМНИЯ, ОСАЖДЕННЫХ В ПЛАЗМЕ НИЗКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА	
А.Е. Бердников, А.А. Мироненко, А.А. Попов, В.Д. Черномордик, А.В. Перминов	21
ФОРМИРОВАНИЕ НАНОПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ В КРЕМНИИ ПРИ ОТЖИГЕ В ПРИСУТСТВИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА	
Ю.И. Денисенко.....	28
ВИМС-ИССЛЕДОВАНИЯ АНОДИРОВАННЫХ ПЛЕНОК РВТЕ	
С.П. Зимин, Е.А. Богоявленская, Э.Ю. Бучин, С.Г. Симакин, В.М. Васин ..	39
ОСОБЕННОСТИ ПЛАЗМЕННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК A^4B^6	
С.П. Зимин, Е.С. Горлачев, И.И. Амиров	46
ГЛУБОКОЕ АНИЗОТРОПНОЕ ТРАВЛЕНИЕ КВАРЦА В МАЛОГАБАРИТНОМ РЕАКТОРЕ ВЫСОКОПЛОТНОЙ ФТОРУГЛЕРОДНОЙ ПЛАЗМЫ ВЧИ РАЗРЯДА	
М.О. Изюмов, И.И. Амиров	52
О МЕХАНИЗМЕ ВЛИЯНИЯ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ТЕРМО-КОНВЕК- ТИВНОЙ НЕУСТЙОЧИВОСТИ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ	
А.В. Козин, Д.Ф. Белоножко	58
ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ТОНКОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПРОВОЛОКИ С УЧЕТОМ МЕХАНИЗМА ПОВЕРХНОСТНОГО РАССЕЯНИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА	
И.А. Кузнецова, Р.Р. Хадчукаев.....	65

ВЛИЯНИЕ АДсорбции на свойства структур на пористом кремнии	
А.Н. Лаптев, А.В. Проказников, Н.А. Рудь	73
МАГНИТНАЯ СИСТЕМА для MRfM в квантовом компьютере	
М.В. Лоханин, С.А. Голызина.....	79
ДВУХКУБИТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ в MRfM квантовом компьютере	
М.В. Лоханин, О.В. Посудников	82
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ НИЗКОЧАСТОТНО-ШУМОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ в кремниевой микро- и наноэлектронике	
М.И. Маковийчук	86
ЗАВИСИМОСТЬ ЭКВАТОРИАЛЬНОГО ЭФФЕКТА КЕРРА ОТ УГЛА ПАДЕНИЯ СВЕТА для СВЕРХТОНКИХ ПЛЕНОК КОБАЛЬТА И МУЛЬТИСЛОЕВ СО/CU/СО	
В.В. Наумов, В.А. Папорков, М.В. Лоханин, Е.А. Богоявленская	90
МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР, ПОЛУЧЕННЫХ МАГНЕТРОННЫМ МЕТОДОМ	
В.В. Наумов, Э.Ю. Бучин, Е.С. Горлачев	97
РАДИАЦИОННАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ МДП-СТРУКТУР с наноразмерным диоксидом кремния	
Л.С. Подвальный	103
КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ГРЕБЕНЧАТОГО ПРИВОДА	
А.В. Постников, О.В. Морозов, В.А. Кальнов, И.И. Амиров.....	109
РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПРОФИЛЕЙ МЕДИ в контактной системе CU/TiN/COSI₂/SI	
В.И. Рудаков, В.Н. Гусев	114
УСТАНОВКА для ЭПИТАКСИИ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕЙ СТЕНКИ ПЛЕНОК СОЕДИНЕНИЙ A⁴B⁶ на кремниевые подложки диаметром 100 мм	
В.И. Рудаков, А.Л. Куреня, А.А. Шорников	120
О НЕЛОКАЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА РАСПЫЛЕНИЯ И ЕЕ РОЛИ в ФОРМИРОВАНИИ НАНОСТРУКТУР ПРИ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКЕ ПОВЕРХНОСТИ	
А.С. Рудый, П.А. Кузнецов, А.В. Метлицкая.....	125

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРМАЛЛОЕВЫХ НАНОСТРУКТУР МЕТОДОМ МИКРОМАГНИТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
О.С. Трушин, Н. Барабанова, В.П. Алексеев.....	131
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ЭКСПРЕСС ДИАГНОСТИКИ МАГНИТОРЕЗИСТИВНЫХ СТРУКТУР	
О.С. Трушин, Д.А. Коканов, В.Ф. Бочкарев, В.В. Наумов, Э.Ю. Бучин.....	136
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ В ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОМ, ЦИКЛИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ТРАВЛЕНИЕ/ОСАЖДЕНИЕ	
А.С. Шумилов, И.И. Амиров	140
ВОЛЬТ-ЕМКОСТНОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ ZNCDHGT	
G. Khlyar, V. Laptev, A. Andrukhiv, М.Г. Андрухив, А.С. Рудый, А.Б. Чурилов	146
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СИСТЕМАХ В УСЛОВИЯХ АССОЦИИРОВАННОЙ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ	
С.А. Кривелевич	153
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР С РАДИАЛЬНОЙ СИММЕТРИЕЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ	
С.Е. Биркган	159
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИОННОГО ТРАВЛЕНИЯ РАДИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ СТРУКТУР	
С.Е. Биркган, П.Л. Шокин	165
ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ НЕРАВНОВЕСНОЙ КВАЗИОДНОМЕРНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНОЙ ПЛАЗМЫ В СИСТЕМЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КВАНТОВЫХ ПРОВОЛОК	
В. И. Степанов, А. Б. Чурилов	170
РОСТ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР КАТАЛИТИЧЕСКИМ ПИРОЛИЗОМ ПАРОВ ЭТАНОЛА ДЛЯ АВТОЭМИССИОННЫХ КАТОДОВ	
Н.Г. Савинский, А.А. Шорников, М.Л. Гитлин	178