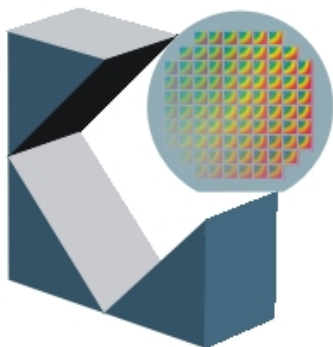


ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА



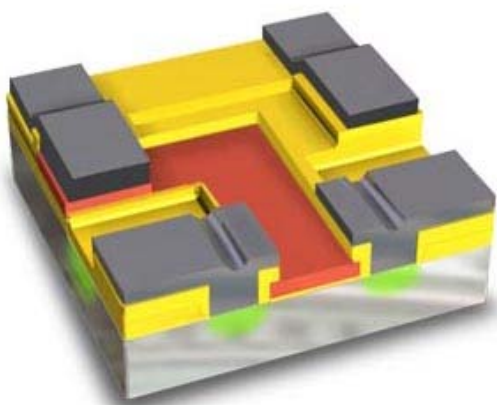
О нанoeлектронике

Нанoeлектроника – область микроэлектроники, охватывающая проблемы создания интегральных микросхем с топологической нормой менее 100 нм.

Нанoeлектронике предшествовала микроэлектроника, которая ведет свою историю с 1958 года, когда Джеком Килби (фирма Texas Instruments) и Робертом Нойсом (фирма Fairchild) были созданы первые интегральные микросхемы, содержавшие 4 транзистора и 2 резистора. Последующее развитие микроэлектроники, а затем и нанoeлектроники шло по пути увеличения числа транзисторов, которое в современных микропроцессорах достигает полутора миллиардов и, соответственно, уменьшения их размеров. В современных устройствах интегральной электроники латеральные размеры отдельных элементов не превышают 10 нм, а их толщина 1 нм.

Из истории направления

Развитие направления «Электроника и нанoeлектроника» (до 2010 г. - специальности «Микроэлектроника и полупроводниковые приборы») тесно связано с историей Ярославского научного центра РАН по проблемам микроэлектроники, созданного в 1984 году. Подготовка кадров для Центра была возложена на Ярославский госуниверситет, в котором в 1987 году была создана кафедра микроэлектроники. Ее первым заведующим стал директор Ярославского научного центра академик К.А.Валиев. В том же году была открыта специальность «Микроэлектроника и полупроводниковые приборы» и состоялся первый набор на специальность, подготовка по которой ведется и по сей день. В настоящее время выпускающими кафедрами по образовательным программам бакалавриата и магистратуры направления «Электроника и нанoeлектроника» являются кафедра микроэлектроники и кафедра нанотехнологий в электронике.



Структура МДП транзистора, выполненного по технологии нанoeлектроники. Современный процессор корпорации Intel содержит полтора миллиарда таких транзисторов.

За свою двадцатипятилетнюю историю образовательная программа «Электроника и нанoeлектроника» претерпела существенные изменения. В частности, Программа эволюционировала в сторону модульного принципа формирования общекультурных и профессиональных компетенций. Сейчас образовательная программа дает возможность более узкой подготовки в рамках профиля «Интегральная электроника и нанoeлектроника».

Необходимо подчеркнуть, что хотя направление подготовки «Электроника и нанoeлектроника» относится к группе направлений «Электроника, радиотехника, связь», учебный план направления полностью соот-

ветствует стандартам классического университетского образования. Для абитуриента это обстоятельство должно иметь принципиальное значение, так как ему гарантирована фундаментальная подготовка в области физики и физических основ микро- и нанoeлектроники. В первую очередь это классическая и квантовая теории твердого тела, физика полупроводников и низкоразмерных систем. Отдельным блоком в учебный план направления входят дисциплины по квантовой информатике и квантовым компьютерам, физическая реализация которых относится к числу приоритетных задач нанoeлектроники.



Директор ФТИАН, зав. кафедрой нанотехнологий в электронике академик А.А.Орликовский

Образовательная программа «Электроника и нанoeлектроника» включена в реестр образовательных программ Роснано. Более подробную информацию можно найти на сайте Роснано по адресу <http://edu-reestr.rusnano.com>

База профессиональной подготовки

Практическое изучение технологий нанoeлектроники является насущной и, в то же время, трудновыполнимой задачей для любого вуза, реализующего образовательную программу «Электроника и нанoeлектроника». Поэтому Ярославским университетом совместно с Физико-технологическим институтом РАН на базе его Ярославского филиала (ЯФ ФТИАН) создан научно-образовательный центр «Центр нанотехнологий и инноваций» под руководством академика РАН



Лабораторный практикум по сканирующей электронной микроскопии. ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур», сканирующий автоэмиссионный электронный микроскоп Supra 40

А.А.Орликовского.

Создание Центра позволило существенно повысить качество профессиональной подготовки студентов благодаря использованию самого современного аналитического и технологического оборудования ЯрГУ и ЯФ ФТИАН. Доступ к научному оборудованию осуществляется в режиме коллективного пользования и регулируется структурным подразделением университета - Центром коллективного пользования научным оборудованием «Диагностика микро- и наноструктур».



Лаборатория вторично-ионной масс-спектрометрии ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур». Времяпролетный масс-спектрометр IONTOF SIMS⁵

Обеспечение учебного процесса научным оборудованием является приоритетной, но не единственной задачей Центра коллективного пользования. В их число входит научно-методическое и приборное обеспечение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, проводимых организациями Российской Федерации. Центр специализируется в области анализа структуры и химического состава функциональных элементов интегральных микросхем методами вторичной ионной масс-спектрометрии, электронной и зондовой микроскопии. Именно эти виды анализа входят в образовательную программу «Электроника и наноэлектроника», в рамках которой, в свою очередь, ведется подготовка специалистов для ЦКП и Ярославского филиала ФТИАН.

С июля 2008 года ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур» входит в Национальную нанотехнологическую сеть (см. федеральный-интернет портал «Нанотехнологии и наноматериалы» www.portalnano.ru) и участвует в федеральных целевых программах «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы» и «Науч-



ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур». Занятия в лаборатории зондовой микроскопии



Лабораторный практикум по просвечивающей электронной микроскопии. Просвечивающий микроскоп Теснаи G2 F20 U-TWIN

ные и научно-педагогические кадры инновационной России». В рамках этих программ в 2008–2012 г.г. ЦКП выполнил научно-исследовательские работы на сумму более 348 миллионов рублей. За тот же период Центром приобретено новое аналитическое оборудование стоимостью более 230 миллионов рублей.



Занятия на рентгеновском дифрактометре ARL X'tra ЦКП «Диагностика микро- и наноструктур»

Образовательная программа «Электроника и наноэлектроника» была бы невозможна без высококвалифицированных преподавателей. В трудные 90-е Ярославский университет сумел сохранить, а в последствии и развить свой кадровый потенциал в области микро- и наноэлектроники. В настоящее время на кафедрах микроэлектроники и нанотехнологий в электронике работают 18 преподавателей, из которых 9 человек имеют степень доктора и 8 кандидата наук. В действительности количество специалистов, занятых в образовательной программе, еще выше, поскольку в обеспечении учебного процесса участвуют сотрудники Научно-образовательного центра – штатные сотрудники Ярославского филиала ФТИАН.



Спектр публикаций преподавателей и сотрудников кафедры микроэлектроники и кафедры нанотехнологий в электронике

До недавнего времени основной проблемой реализации образовательной программы был разрыв между высоким уровнем теоретической подготовки, которое дает классическое университетское образование, и навыками эксперименталь-

ных исследований, которые могла обеспечить приборная база университета. Интеграция ЯрГУ и ФТИАН, объединение их производственного и кадрового потенциала для решения образовательных задач позволило существенно повысить качество подготовки специалистов. Теперь уровень экспериментальной и практической подготовки наших выпускников сопоставим с уровнем европейского университета. Подтверждением могут служить примеры трудоустройства выпускников ЯрГУ в университетах и научных центрах Европы.

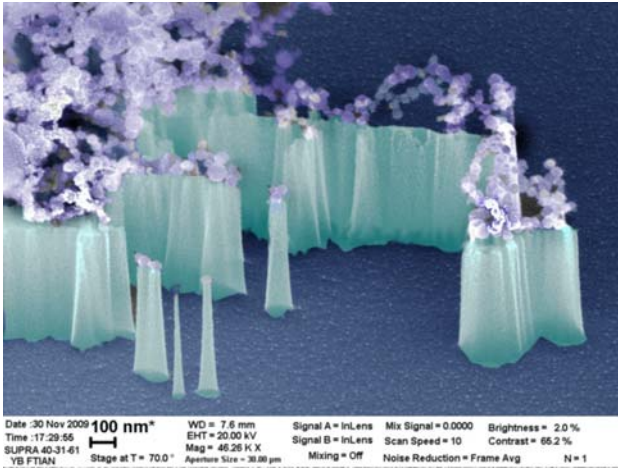
Научно-исследовательская работа студентов

Одной из основных задач образовательной программы «Электроника и наноэлектроника» является подготовка студентов к научной деятельности. Подготовка начинается с третьего года обучения и заканчивается написанием магистерской диссертации. Главными критериями успешности научно-исследовательской работы студентов (НИРС) служат доклады на конференциях, публикации в научных журналах, участие в конкурсах и выставках. Эти результаты указываются в так называемых резюме и CV, которые необходимы при поступлении на работу и в аспирантуру, особенно в иностранные компании и университеты. Таким образом, основы будущей карьеры выпускника закладываются на стадии НИРС.

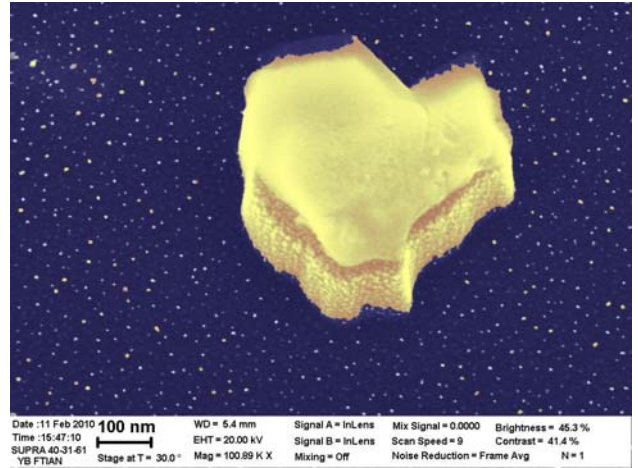


Чистые комнаты Центра нанотехнологий университета г. Ювяскюля. Справа – выпускница ЯрГУ 2007 г Заводчикова Марина.

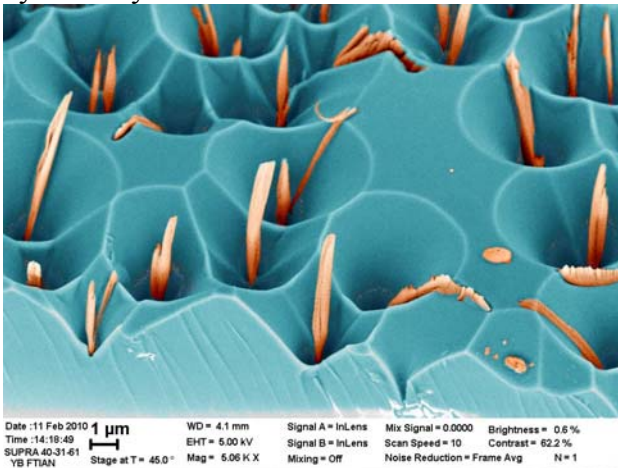
Одним из необходимых условий успешной научной деятельности является развитие творческих способностей студентов, поэтому Управление научных исследований ЯрГУ оказывает всевозможную поддержку студенческому творчеству в новой области изобразительного искусства, получившего название «наноарт».



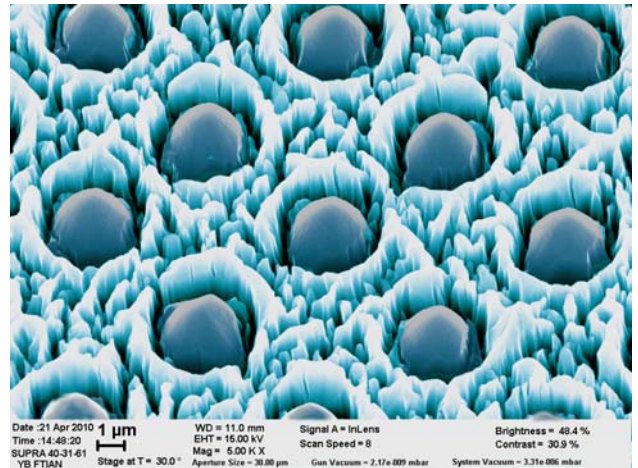
О. Приходько «Ансамбль Березка». Кремний, плазма, нанотравление через титановую маску



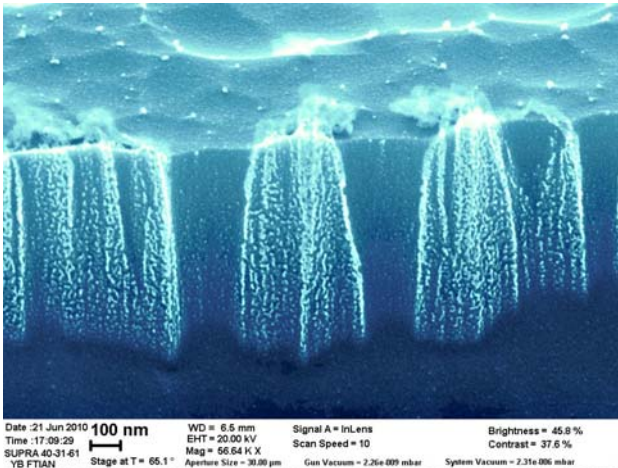
О. Приходько «Остатки космического завтракка». Контаминации кварца после травления



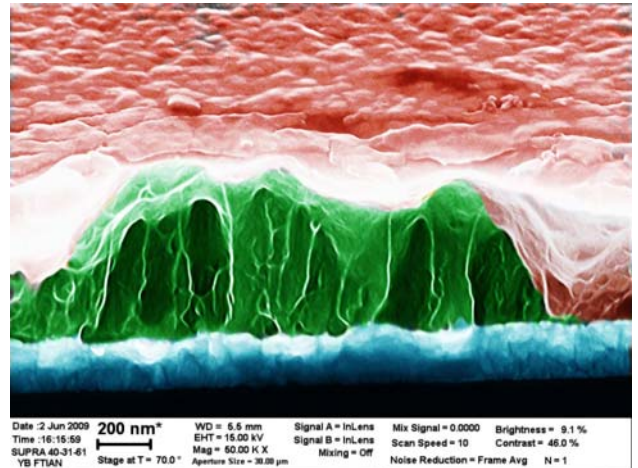
О. Приходько «Подснежники». Кварц, анизотропное травление во фторо-содержащей плазме



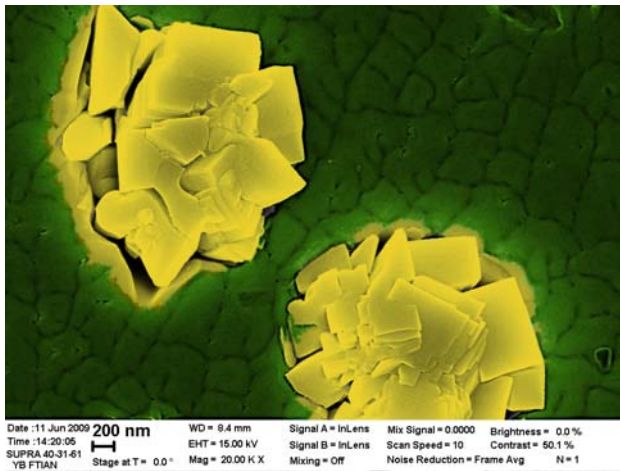
О. Приходько «Подснежники». Кварц, анизотропное травление во фторо-содержащей плазме



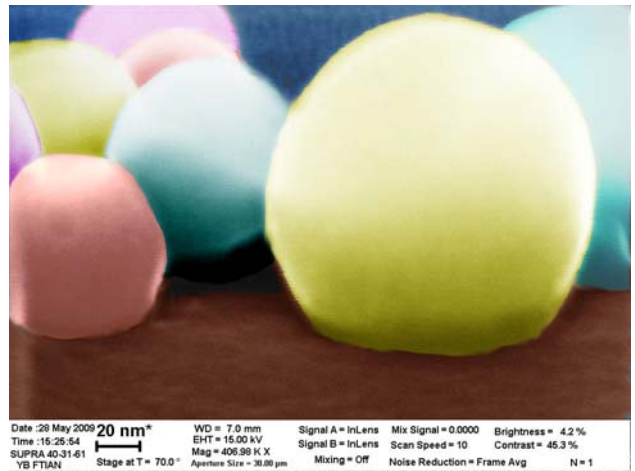
О. Приходько «Нано-Ниагара». Контаминации кварца после травления



О. Приходько «Салат под кетчупом». Слой пористого оксида титана на кремнии



О. Приходько «Сыр в шартрезе». Пленка РbTe после плазменной обработки



О. Приходько «Салат под кетчупом». Слой пористого оксида титана на кремнии

Где и кем Вы сможете работать

По окончании магистратуры по направлению подготовки 210100 - Электроника и нанoeлектроника выпускники могут продолжить образование в аспирантуре ЯрГУ, Ярославского филиала ФТИАН или любого другого профильного образовательного или научного учреждения.

Студенты, свободно владеющие английским языком, могут поступать в аспирантуру европейских университетов, с которыми у ЯрГУ заключен договор о сотрудничестве.

Для желающих начать трудовую деятельность имеется возможность трудоустройства на кафедрах физического факультета или в лабораториях ЯФ ФТИАН в качестве научного сотрудника, инженера или технолога.

Наши выпускники востребованы на предприятиях микроэлектроники, радиоэлектронной и электронной промышленности, многие из них работают в высших учебных заведениях преподавателями физики и профильных дисциплин. Значительная часть выпускников работает в структурах высокотехнологичных промышленных предприятий, в сфере информационных технологий и связи, в технических отделах ФСБ, МВД, МЧС, ФТС.