

Отзыв на автореферат диссертации

Бердникова Юрия Сергеевича

«Кинетика функции распределения по размерам при эпитаксиальном росте наноструктур»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния»

Представленная работа Бердникова Ю.С. вносит существенный вклад в развитие теоретических основ эпитаксиального роста полупроводниковых и металлических наноструктур. Кроме того, она содержит интересные и полезные результаты по использованию развитых теоретических подходов в моделировании процессов роста различных полупроводниковых нитевидных нанокристаллов (ННК). Данные структуры перспективны для широкого круга приложений в новых приборах оптоэлектроники и СВЧ-электроники, в которых все в большей степени используются квантоворазмерные эффекты, требующие перехода к наноразмерным объектам. Поэтому развитие нанотехнологий на основе глубокого понимания процессов эпитаксиального роста на предельном (монослойном) уровне размеров активных областей приборов играют ключевую роль в этой области физики.

В работе необходимо, прежде всего, отметить высокий уровень решения теоретических вопросов на основе отличного владения соискателем современным математическим аппаратом решения кинетических уравнений для определения функций распределения по размерам. Существенным достоинством работы, прибавляющим ей практическую значимость, является активное использование полученных результатов в моделировании полупроводниковых ННК, во время которых автор демонстрирует не только высокий теоретический уровень, но и глубокое знание экспериментальных результатов, полученных как в лаборатории соискателя, так и во многих лабораториях мира. Это придает в целом теоретической работе не только "обсчитывающий", но и необходимый обобщающий характер по выявлению общих закономерностей роста сложнейших многофакторных процессов роста ННК. В работе последовательно решается целый ряд задач моделирования процессов нуклеации полупроводниковых ННК и их формирования с участием в ростовых процессах металлических капель.

Автореферат написан емко и понятно, что свидетельствует о глубоком анализе литературных источников и квалифицированном владении автором теоретическими методами. На основании изложений каждой из глав можно получить достаточно полную информацию о содержании работы, что и позволило составить положительное мнение о ней.

Однако, на мой взгляд, необходимо сделать и несколько замечаний по автореферату:

1. В главах автореферата, посвященных моделированию различных ННК, основное внимание уделяется анализу функции распределения по одному размеру – длине и почти не рассматриваются, по крайней мере, в автореферате функции распределения по диаметру (размеру) ННК, по расстоянию между ними, которые зачастую играют не меньшую роль в свойствах данных объектов.
2. В пятой (нуклеационной) главе, на мой взгляд, стоило бы рассмотреть также вопросы формирования капель галлия на поверхности GaAs, а в четвертой главе проанализировать вопросы эволюции капли In при самокаталитическом росте InAs. При этом более логичным кажется обратный порядок этих глав.
3. В названии диссертационной работы после слов в единственном числе «кинетика функции...» следует слово во множественном числе «по размерам».
4. В 4-м пункте основных результатов по росту GaAs ННК, по-видимому, ошибочно упоминается поток In.

Указанные замечания, разумеется, не являются критическими и не влияют на ценность изложенного материала.

В целом автореферат и научные публикации автора позволяют сделать вывод, что диссертация является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным самостоятельно на высоком научном уровне. Это говорит о соискателе как о сложившемся специалисте, профессионально владеющим широким арсеналом физических и математических знаний. Работа соответствует классификационным признакам кандидатской диссертационной работы. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы.

Таким образом, судя по автореферату, диссертационная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Бердников Юрий Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния».

в.н.с., д.ф.-м.н.

Жмерик Валентин Николаевич

+7 911 2122795 jmerik@pls.ioffe.ru

05 июня 2017



Жмерика В.Н.
удостоверяю
Зав. кафедрой
05.06.2017
Ж

Отзыв

на автореферат диссертации Бердникова Юрия Сергеевича

«Кинетика функции распределения по размерам при эпитаксиальном росте наноструктур», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Полупроводниковые наноструктуры находят свое применение в современных оптоэлектронных, фотонных и биоэлектронных приборах благодаря своим особым свойствам, которые в значительной степени зависят от распределений размеров в ансамблях используемых структур. В то же время, процессы формирования таких объектов отличаются сложной кинетикой, а морфология получаемых объектов не всегда очевидным образом зависит от параметров роста. Таким образом, моделирование эволюции размеров наноструктур, позволяющее контролировать функции распределений и их влияние на свойства структур является современной и актуальной научной задачей.

В диссертационной работе Бердниковым Ю.С. были получены точные аналитические выражения для функций распределения по размеру поверхностных кластеров произвольной природы в случае линейных с размером коэффициентов захвата. Решение данной фундаментальной задачи было использовано автором для моделирования роста металлических цепочек на поверхностях кремния (001) с реконструкцией 2×1 и для теоретического описания уширения распределения длин золото-каталитических и самокаталитических *InAs* нитевидных нанокристаллов (ННК). Анализ распределений длин позволил оценить диффузионную длину адатомов индия на боковых стенках *InAs* ННК с аксиальным направлением (111) при температуре 450 K.

Отдельная глава диссертации посвящена моделированию динамики капли катализатора, которая определяет изменение формы ННК в процессе самокаталитического роста. Полученные теоретические результаты хорошо согласуются с наблюдаемой в литературе морфологией *GaAs* ННК полученных в экспериментах по *Ga*-каталитическому росту путем молекулярно-пучковой эпитаксии.

В целом автореферат написан полно и емко, что позволяет составить впечатление о диссертационной работе как о законченном научном исследовании, выполненном на высоком уровне. Полученные результаты

прошли апробацию на международных конференциях и были опубликованы в известных научных журналах.

В то же время, по автореферату можно сделать следующие замечания:

1. При сравнении результатов моделирования с приведенными в литературные данные по самокаталитическому росту GaAs ННК не ясно рассматривались ли процессы при одинаковой температуре, и если так то каково значение этой температуры.
2. В тексте автореферата неоднократно используется термины «скейлинговый», «скейлинг» вместо принятого в русскоязычной литературе термина «масштабная инвариантность»

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертация Бердникова Ю. С. представляет собой законченную работу, полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Старший научный сотрудник

Физического факультета

Санкт-Петербургского Государственного университета

к.ф – м. н.

Е.В. Убыйвовк



09.06.2017

личную подпись ЗАВЕРЯЮ
НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА КАДРОВ №3
В. И. МАШТЕПА

ДОКУМЕНТ
ПОДГОТОВЛЕН
ПО ЛИЧНОЙ
ИНИЦИАТИВЕ

Текст документа размещен
в открытом доступе
на сайте СПбГУ по адресу
<http://spbu.ru/science/expert.html>

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации Бердникова Юрия Сергеевича

«Кинетика функции распределения по размерам при эпитаксиальном росте наноструктур», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Бердникова Юрия Сергеевича посвящена теоретическому описанию процессов формирования металлических и полупроводниковых наноструктур. Такие структуры востребованы в современной науке благодаря ряду уникальных по сравнению с объемными материалами свойств, которые определяются не только химическим составом, но также морфологией и линейными размерами объектов. Поэтому при создании современных электронных и оптоэлектронных устройств на основе ансамблей наноструктур важно контролировать однородность их размеров, что представляет непростую научную проблему в силу сложности процессов эпитаксиального роста. Таким образом, значимой и актуальной задачей является моделирование распределений наноструктур по размерам, которое позволяет определить средний размер и среднеквадратичное отклонение, характеризующие неоднородность в ансамбле наноструктур.

В работе хотелось бы отметить высокий уровень владения методами теоретического описания динамических процессов и современным математическим аппаратом. Для функций распределения поверхностных кластеров в предположении линейности коэффициентов захвата были получены точные аналитические решения, что является редкостью при моделировании кинетики роста эпитаксиальных наноструктур, которое, как правило, требует сложных и трудоемких численных расчетов. Достоверность полученных результатов была верифицирована сравнением модельных результатов с экспериментальными данными по росту полупроводниковых нитевидных нанокристаллов, что потребовало от автора не только знания теоретических методов, но и понимания особенностей экспериментов по росту эпитаксиальных наноструктур. В работе представлены модели, учитывающие аспекты как золотокаталитического, так самокаталитического роста InAs нитевидных нанокристаллов путем химической пучковой эпитаксии и металлоорганической газофазной эпитаксии.

Автореферат дает возможность получить законченное и целостное представление о проведенных исследованиях и их результатах, и не оставляет сомнений в оригинальности, значимости и научной новизне диссертационной работы.

В целом, в представленной работе решен ряд задач, имеющих научное и практическое значение, а диссертация Ю.С. Бердникова «Кинетика функции распределения по размерам при эпитаксиальном росте наноструктур» полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Татьяна

Татьяненко Дмитрий Викторович
кандидат физико-математических наук
шифр специальности: 01.04.02 – теоретическая физика
доцент кафедры статистической физики,
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский государственный университет
Ульяновская ул., д. 3, Петергоф, Санкт-Петербург, 198504

Рабочий телефон: (812) 428 45 15

E-mail: d.tatyanenko@spbu.ru

09 июня 2017 года

Личную подпись заверяю

начальник отдела кадров №3

Н. И. МАШТЕНА



ДОКУМЕНТ
ПОДГОТОВЛЕН
ПО ЛИЧНОЙ
ИНИЦИАТИВЕ

Текст документа размещен
в открытом доступе
на сайте СПбГУ по адресу
<http://spbu.ru/science/expert.html>

Отзыв

на автореферат диссертации Бердникова Юрия Сергеевича

«Кинетика функции распределения по размерам при эпитаксиальном росте наноструктур», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

В последнее время пристальное внимание уделяется процессам эпитаксиального роста полупроводниковых наноструктур таких, как нитевидные нанокристаллы. Благодаря своей уникальной форме, а также многообразию своих физических свойств, они, заслуженно, рассматриваются в качестве основы для создания принципиально новых приборов опто- и наноэлектроники, а также спинтроники. Несмотря на относительную простоту их формирования, делающую возможным создания большого числа нитевидных нанокристаллов на одной и той же подложке, одним из лимитирующих факторов является возможный разброс их размеров от кристалла к кристаллу. Эта проблема обычно решается с помощью дополнительных технологических операций, связанных с проведением литографических процессов, поскольку, известно, что в рамках механизма «пар-жидкость-кристалл», диаметр и расположение нитевидных нанокристаллов зависит от параметров капель катализаторов роста. Однако, при самофокусировке функции распределения по размерам в некоторой области параметров вероятно становится возможным получение ансамблей наноструктур с высокой однородностью размеров без использования подобных дополнительных технологических операций.

Диссертационная работа Бердникова Ю.С. посвящена моделированию процессов эпитаксиального роста при которых наблюдаются эффекты самофокусировки. Поэтому актуальность представленной к защите диссертации не вызывает сомнений. В работе получены аналитические решения для систем с линейной зависимостью скорости роста от размера, которые могут использоваться для синтеза АЗВ5 полупроводниковых нитевидных нанокристаллов, обладающих минимальным разбросом параметров на различных полупроводниковых подложках, в том числе, кремниевых. Следует отметить, что для развития теоритических моделей автор использовал современный математический аппарат и методы статистического анализа, что подтверждает достоверность полученных результатов.

В целом, на основе автореферата можно получить законченное представление о диссертационной работе, как о целостном научном исследовании.

Считаю, что диссертационная работа Ю.С. Бердникова «Кинетика функции распределения по размерам при эпитаксиальном росте наноструктур» по своей актуальности, новизне и практическому значению полученных результатов соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям согласно «Положению о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Бердников Юрий Сергеевич, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

главный научный сотрудник
лаб. эпитаксиальных наноструктур
СПб АУ РАН
д.ф.-м.н.

Буравлев А. Д.



Подпись Буравлева А.Д. заверяю

Кадровая служба

А.Д. Буравлев