

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Леньшина Александра Сергеевича на тему «Формирование и функциональные свойства наноструктур на основе пористого кремния», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Диссертационная работа Леньшина Александра Сергеевича «Формирование и функциональные свойства наноструктур на основе пористого кремния» посвящена исследованию фундаментальных вопросов, связанных с особенностями свойств и строения нанокompозитов, формируемых на основе пористого кремния. Развитая регулируемая поверхность пористого кремния делает его перспективным для создания сверхчувствительных газовых, жидкостных сенсоров и микротопливных элементов. Формирование регулярно расположенных пор определенного профиля позволяет создавать на основе таких регулярных структур матрицы параболических рентгеновских линз, фотонных кристаллов, сквозных микро- и наномембран. Спектр технических приложений пористого кремния постоянно расширяется, этому способствует открытие все новых свойств пористого кремния при совершенствовании технологических операций, изменении, комбинировании условий его получения и модифицирования. Поэтому работа, направленная на совершенствование технологии получения и исследование особенностей строения нанокompозитов, формируемых на основе пористого кремния является **актуальной**.

Важными *фундаментальными результатами* диссертации А.С. Леньшина является установление закономерностей формирования и особенностей фазового состава для широкого ряда металлосодержащих нанокompозитов на основе пористого кремния, а также разработки эффективных методик управления фотолюминесцентными свойствами этих структур. Установленные фундаментальные закономерности открывают широкие возможности для практического применения наноструктур и нанокompозитов на основе пористого кремния.

Из **практических результатов** можно выделить разработку технологических режимов анодного травления монокристаллического кремния для формирования пористых слоев с тремя уровнями размеров пор: макропористый кремний с диаметрами пор в интервале $d \sim 100-250$ нм, мезопористый кремний с диаметрами пор $d \leq 100$ нм и нанопористый кремний с диаметрами пор $d \leq 5$ нм, а также интегрированных гетероструктур с нанокolonчатой морфологией верхнего слоя $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ гексагональной сингонии на подложках *por*-Si(111)/Si(111) с пористым буферным слоем.

Результаты, полученные автором, прошли экспериментальную апробацию, защищены патентами, в том числе и на способ получения нанопорошков пористого кремния. Автором проведен большой объем экспериментальных исследований, выполненных на высоком научном и техническом уровне с применением современной диагностической аппаратуры и апробированных методик исследования, анализ полученных результатов, построены и доказаны выдвинутые гипотезы, проведено моделирование и сопоставление, сделаны научно обоснованные выводы, составляющие научную новизну и практическую значимость.

Достоверность и обоснованность выполненных исследований диссертации определяется использованием в ходе работы современной диагностической аппаратуры и методов анализа, статистически значимым объемом экспериментальных данных, корреляцией теоретических и экспериментальных результатов с данными работ других авторов по аналогичной и смежной тематикам, близостью экспериментальных результатов, полученных на различном оборудовании с применением разных методик, использованием визуальных данных (микрофотографий), сходимостью результатов моделирования с экспериментальными данными, апробацией теоретических и экспериментальных результатов на конференциях, семинарах; публикацией статей в рецензируемых журналах, наличием патентов.

В тексте автореферата приведены результаты, последовательно раскрывающие содержание научных положений, вынесенных на защиту.

Выводы полностью соответствуют поставленным в работе целям и задачам. Выводы и рекомендации, изложенные в автореферате, представляются достаточно обоснованными и не противоречат существующим научным представлениям. Текст автореферата логично структурирован, написан технически грамотным и понятным языком, имеет пояснения, рисунки, графики, примеры. Структура и оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Научные положения, выносимые на защиту, полностью отражают научную новизну и практическую значимость.

В автореферате четко представлена научная новизна, обоснованность и значимость полученных результатов, которые прошли всю необходимую апробацию: неоднократно докладывались на Международных и Всероссийских научных конференциях, опубликованы в рецензируемых журналах, в том числе включенных в обязательный перечень ВАК и рецензируемых в международных базах цитирования *WoS* и *Scopus*.

В качестве основного **недостатка** работы можно выделить недостаточное физическое обоснование изменения фотолюминесцентных характеристик композитов с Co и Ni. В работе автор лишь предполагает, что это связано с изменениями в механизме фотолюминесценции, однако доказательств этому не приводится. Исследование этого механизма очень важно, поскольку нестабильность люминесцентных свойств пористого кремния является одним из препятствий к его широкому практическому применению. К тому же учитывая multifunctionality разработанных автором металлосодержащих композитов, не проведено исследование магнитных и магнитооптических свойств этих структур.

Отмеченные замечания не снижают достоинство представленного научного труда и не влияют на высокую оценку научных и практических результатов диссертационной работы.


Считаю, что актуальность темы и объем выполненного исследования, новизна, теоретическое и практическое значение полученных результатов отвечают всем требованиям ВАК РФ, предъявленным к докторским

диссертациям, в частности, соответствует всем требованиям п. 9 - 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335), предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Леньшин Александр Сергеевич, **заслуживает** присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10 - «физика полупроводников».

Рецензент:

Сахаров Юрий Владимирович, доктор
технических наук, доцент, специальность
01.04.04 – физическая электроника, профессор
ФГБОУ ВО Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники, ТУСУР
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
Телефон 8(3822) 41-48-61
E-mail: jurii.v.sakharov@tusur.ru

« 25 » января 2021 г.

 Сахаров Ю.В.

Подпись Ю.В. Сахарова удостоверяю

Ученый секретарь

 Е.В. Прокопчук



Я, Сахаров Юрий Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета Д.212.038.10, и их дальнейшую обработку.

«25» января 2021г.



Сахаров Ю.В.