

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Париновой Елены Владимировны «Электронно-энергетическое строение и фазовый состав аморфных нанокompозитных плёнок $a\text{-SiO}_x\text{-}a\text{-Si:H}$ », представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **01.04.10 – физика полупроводников.**

Актуальность

В предлагаемой работе исследуются закономерности и особенности электронного строения, фазового состава поверхностных и объёмных слоёв плёнок $a\text{-SiO}_x\text{:H}$, а также аморфных нанокompозитов на их основе. Работа экспериментальная и потому очень востребована для тех, кому нужны данные для дальнейшего моделирования физических свойств этих материалов. Достаточно сказать, что аморфный кремний широко сам по себе используется в производстве солнечных элементов. У него есть недостатки: ухудшение оптических и фотоэлектрических свойств под действием света. Современный подход предполагает устранение этих недостатков путём добавления в аморфный кремний кристаллов нанометрового размера. Здесь необходимо исследование объёмной доли этих кристаллов, чтобы выяснить качество свойств аморфного кремния. Получение нанокompозитных плёнок путём контролируемого введения нанокристаллов кремния в кремниевую аморфную матрицу позволяет избежать ухудшения свойств. Благодаря размерному квантованию такие плёнки обладают фотолюминесценцией, максимум которой зависит от размера нанокластеров кремния. В настоящее время это одно из **актуальных направлений** исследований в физике полупроводников, где открываются новые технологические низкотемпературные возможности формирования светоизлучающих структур.

Научная новизна и практическая значимость работы обусловлена самой целью исследования. В работе используются различные экспериментальные методы и подходы для нахождения электронно-энергетического спектра валентной зоны и зоны проводимости нанокompозитных плёнок $a\text{-SiO}_x\text{-}a\text{-Si:H}$. Это ультрамягкая рентгеновская эмиссионная спектроскопия (УМРЭС), спектроскопия квантового выхода, оптические методы спектроскопии поглощения и фотолюминесценции (ФЛ), рентгеновская дифракция, просвечивающая электронная микроскопия. При таком арсенале методов и установок, реализующих эти методы, выводы и результаты обречены быть практически нужными и значимыми. Многие результаты получены впервые и не вызывают сомнений в новизне, поскольку докладывались на представительных международных и всероссийских конференциях. Сам объект исследования, плёнки гидrogenизированного аморфного субоксида кремния ($a\text{-SiO}_x\text{-}a\text{-Si:H}$), рассмотрены детально и представляют новизну. Поэтому и методы и объекты

представляют новизну и вызывают неподдельный интерес. Хочу отнести это к заслуге соискателя, Париновой Елены Владимировны.

Достоверность результатов работы определяется применением современных методов и современного оборудования. Достаточно назвать установку генерации синхротронного излучения третьего поколения **BESSY II**, где получены данные с высокой воспроизводимостью. Обсуждение выводов и результатов проводилось со специалистами в области физики и технологии кремниевых наноструктур, физики полупроводников. Представленные данные в работе допускают ясное физическое толкование и уже опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Поэтому не вызывает сомнений достоверность результатов исследований.

Вместе с тем хотелось бы задать автору несколько вопросов по автореферату.

1. **На стр. 5** автореферата, в пункте «научная новизна, параграф 5» автор говорит, что формирование большого количества нанокластеров кремния в аморфной матрице субоксида кремния приводит к аномальному поведению спектров поглощения, это с одной стороны. С другой стороны автор там же утверждает, что здесь ответственны нанокластеры, размеры которых сопоставимы с длиной волны синхротронного излучения. У меня вопрос? Размеры нанокластеров уменьшаются при их большом количестве в объёме аморфной матрицы и тогда возникает аномалия? Или сам по себе нанокластер необходимого размера вызывает такой эффект? Хотелось бы определиться и узнать ответ у автора.

2. **Не совсем понятна** из автореферата возможность моделирования полученных результатов электронно-энергетического строения аморфных нанокompозитных плёнок. Эксперименты такого рода трудоёмки и трудозатратны. Прогнозировать свойства подобных объектов на построенных теоретических моделях очень перспективно и более экономично. Каково мнение соискателя о возможности объединения эксперимента и модели для объектов с подобными характеристиками и ведутся ли работы в этом направлении?

Указанные замечания лишь показывают мой интерес к работе, которая выполнена на высоком экспериментальном уровне. Она фундаментальна по стилю, по содержанию, по полученным результатам и выводам.

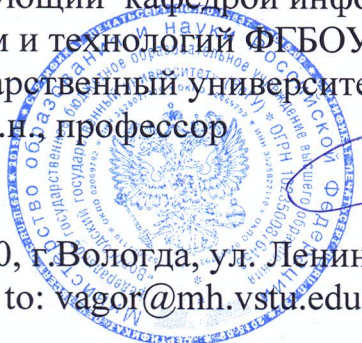
Полученные результаты могут быть использованы при создании тонкоплёночных кремниевых солнечных элементов, при оптимизации технологии формирования полуизолирующих слоёв кремния для пассивирующих слоёв высоковольтных приборов. Материалы диссертации опубликованы в 20 печатных работах, в том числе 4 статьи в научных изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертационных работ, 16 докладов в сборниках трудов конференций. Диссертационная работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, соглашение 14.574.21.0093. Считаю, что работа Париновой Елены Владимировны, «Электронно-энергетическое строение и фазовый состав аморфных нанокompозитных плёнок $\alpha\text{-SiO}_x\text{-}\alpha\text{-Si:H}$ », представляет собой решение сложной

научно-технической задачи экспериментального направления, соответствует специальности 01.04.10 – физика полупроводников и требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Заведующий кафедрой информационных систем и технологий ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»,
д.ф.-м.н., профессор

Вячеслав Алексеевич Горбунов

160000, г. Вологда, ул. Ленина, д.15. с.т. +7 9212345065
e-mail to: vagor@mh.vstu.edu.ru



7.12.2016