

ОТЗЫВ

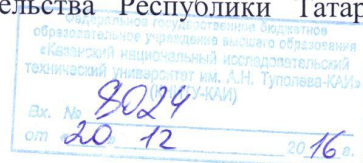
на автореферат диссертации Хадиева Азата Равилевича
«Методика идентификации и контроля структурных параметров спиральных нанотрубок по картинам дифракции электронов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 - «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»

Развитие нанотехнологий выявило ряд метрологических проблем, обусловленных малыми размерами структур и их элементов, от решения которых существенным образом зависит дальнейшее промышленное использование достижений данной отрасли. Одной из таких проблем является задача контроля структурных параметров нанотрубок, находящихся применение в наноэлектронике, композиционных материалах, микроэлектромеханических системах. Проблема прецизионного отбора нанотрубок с заданными параметрами структуры (таких как их размеры и свойства поверхности) на сегодняшний день является одним из главных факторов, тормозящих развитие отраслей промышленности, связанных с применением нанотрубок. Например, высокая точность и достоверность контроля параметров нанотрубок необходимы вследствие сильной зависимости электрических свойств нанотрубок от их структуры. Таким образом, существует актуальная задача создания методик контроля структурных параметров нанотрубок, обладающих меньшими погрешностями.

Диссертационная работа Хадиева А.Р. посвящена решению данной актуальной научно-практической задачи, а именно методике идентификации и контроля структурных параметров спиральных нанотрубок (СНТ) по картинам дифракции электронов. В качестве метода контроля Хадиев А.Р. использует просвечивающую электронную микроскопию и метод микродифракции электронов, которые позволяют идентифицировать наиболее полный набор структурных параметров нанотрубок. В своей диссертационной работе автор рассматривает нанотрубки спирального типа, метрология которых находится на этапе становления.

В работе впервые представлена модель структуры цилиндрической СНТ произвольной симметрии слоя и угла хиральности, основанная на применении известных структурных параметров плоского аналога трубки. Это увеличивает область применения модели для анализа широкого класса трубок. Впервые рассмотрена дифракция на предложенных моделях СНТ, выработаны новые дифракционные критерии её дифференциальной диагностики в смеси с коаксиальными трубками, автором получены формулы для расчета структурных параметров СНТ из данных эксперимента. Эти результаты легли в основу разработанного автором метода дифракционного контроля, применение которого позволило снизить методическую погрешность определения угла хиральности в 2-2,5 раза, и угла конусности примерно в 3 раза.

Разработанная диссертантом методика нашла практическое применение при анализе углеродных нанотрубок фирмы OCSiAl в Центре нанотехнологий Республики Татарстан (ООО «ЦТТ»), в совместных работах с группой профессора Р. Тенне в Институте им. Вайцмана (Израиль) при анализе нанотрубок WS₂. Исследования, представленные в диссертации, были также поддержаны грантами компании-поставщика электронных микроскопов ООО «ОПТЭК» и правительства Республики Татарстан «Алгарыш».



Обоснованность и достоверность сформулированных в диссертации научных положений и выводов обеспечивается корректностью используемых автором диссертации математических методов и структурных моделей, их адекватностью реальным физическим объектам, а также соответствием результатов математического моделирования и экспериментальных исследований.

Результаты диссертационной работы прошли успешную апробацию на всероссийских и международных конференциях и были опубликованы в ведущих международных журналах.

Вместе с тем по автореферату можно высказать следующие замечания:

1) В автореферате рассматриваются типы структур нанотрубок и даются формулы для расчёта их параметров. Для наглядности полезно было бы кратко привести и схемы решёток описываемых структур.

2) Последний вывод в автореферате имело смысл сделать короче, так как он повторяет раздел апробация работы.

Указанные замечания по автореферату не влияют на общую положительную оценку работы. На основании текста автореферата считаю, что по объёму выполненных исследований, актуальности и новизне изученных вопросов, достоверности, научной и практической значимости работа соответствует требованиям ВАК (пункту 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Хадиев А.Р заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

«30» ноября 2016 г.

И.о. н.с. лаборатории электронной микроскопии
Института кристаллографии им. А.В. Шубникова
ФНИЦ « Кристаллография и фотоника» РАН
к.ф.-м.н. Жигалина Виктория Германовна

Служебный телефон: (499)135-25-10,

e-mail: v.zhigalina@gmail.com

Почтовый адрес: 119333 г. Москва, Ленинский проспект, 59

Подпись Жигалиной В.Г. заверяю: *Начальник отдела кадров*



В.Г. Жигалина