

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Алексеева Андрея Михайловича
на тему: «Особенности формирования кристаллитов алмаза при
химическом осаждении из газовой фазы»
по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния»

В настоящее время алмазные материалы находят всё новые области практического применения. В частности, алмаз является перспективными для приложений в оптике и квантовых технологиях. Для таких приложений, а также сопутствующих научных исследований требуются монокристаллические алмазные структуры нестандартной морфологии, изготовление которых в большинстве случаев возможно только дорогостоящими и сложными методами. Данное обстоятельство делает необходимой разработку альтернативных способов получения и обработки алмазных кристаллов и создание новых научно-технологических подходов. В связи с этим диссертационная работа Андрея Михайловича Алексеева представляет большой интерес и, несомненно, обладает значительной актуальностью.

В качестве способа получения алмазных материалов в данной работе применялось газофазное химическое осаждение из смеси метана и водорода с активацией разрядом постоянного тока. Ранее данная методика применялась преимущественно для получения поликристаллических алмазных плёнок, востребованных, в частности, в качестве абразивных или защитных покрытий. Разработанные в данной работе методики позволили осуществить контролируемое изменение размеров, геометрической формы, структурных и оптических характеристик алмазных кристаллитов, входящих в состав выращиваемых поликристаллических пленок. Окисление выращенных пленок (посредством их длительной выдержки в воздушной атмосфере при

заданной температуре) позволило селективно выделять из их состава алмазные кристаллиты наибольшего размера. Использование окисления до промежуточных стадий позволило автору диссертации получить новые сведения о структуре получаемых кристаллитов алмаза и сформированных ими поликристаллических алмазных плёнок, сделать определенные заключения об особенностях процессов их формирования и оптимизировать используемые технологии. Всё это говорит о существенной новизне и научной ценности полученных результатов. Их практическая значимость и полезность для развития прикладных технологий также не вызывает сомнений.

Основная часть работы состояла в экспериментальных исследованиях. Применявшиеся методики соответствуют современному уровню и обеспечивают высокую достоверность получаемых результатов. Помимо этого, автором было произведено модельное рассмотрение процесса роста изучаемых алмазных структур и на основе стандартных программных пакетов реализована компьютерная симуляция этого процесса в соответствии с разработанной моделью. Согласие между результатами такой программной симуляции и проведённых экспериментов свидетельствует как об обоснованности предложенных моделей, так и о высокой достоверности сделанных в работе заключений и выводов. Также о достоверности полученных результатов и сделанных выводов говорит согласие с результатами других исследователей, которые были проанализированы автором диссертации и цитируются в его работе.

Особый интерес и научную ценность, на мой взгляд, представляет четвёртая глава диссертации, в которой описываются результаты получения и исследования новой разновидности алмазного материала, представляющего собой алмазные пластины нанометровой толщины, которые могут рассматриваться как квазидвумерные структуры. Получение такого алмазного материала оказалось возможным благодаря оптимизации условий процесса газофазного химического осаждения, достигнутой, в том числе, на

основе фундаментального научного анализа этого процесса и проведенного компьютерного моделирования. Полученные образцы алмазных пластинчатых кристаллитов были изучены для выявления особенностей их структуры и морфологии. На основе полученных данных сформулированы предположения о механизмах их формирования. Несомненно, дальнейшее изучение таких квазидвумерных структур представляет значительный научный интерес, а развитие методов их синтеза представляется важным для использования в современных технологиях. Однако следует отметить, что вопросам практического применения пластинчатых алмазных кристаллитов и разработке методов их отделения от подложки автором работы уделяется недостаточно внимания.

Кроме этого, несмотря на высокий научный уровень, значительную новизну и практическую ценность данной диссертационной работы к её содержанию можно сделать некоторые другие замечания.

Во-первых, при изучении процесса формирования текстурированных поликристаллических плёнок автор диссертации приходит к выводу о неполном формировании атомных слоёв на гранях $\{111\}$ растущих кристаллитов алмаза. Обоснованность данного вывода была подтверждена согласием модельного рассмотрения процесса роста кубооктаэдрических кристаллитов с результатами эксперимента. Однако при анализе процесса формирования пластинчатых кристаллитов, которые, согласно полученным результатам, сформированы гранями $\{111\}$, автор отмечает отсутствие видимых дефектов на гранях этого типа, а предполагаемый механизм формирования таких структур подразумевает полное заполнение граней $\{111\}$ атомами углерода. Данное несоответствие и связь указанных обстоятельств с условиями осаждения, обеспечивающими рост алмазных кристаллитов обоих типов, в тексте диссертации никак не комментируется.

Во-вторых, вызывает сомнения целесообразность последовательности изложения полученных автором результатов в тексте диссертации. Третья глава работы посвящена текстурированным поликристаллическим плёнкам и

составляющим их отдельным кристаллитам. В параграфах данной главы автор рассматривает особенности структуры и морфологии этих объектов и делает выводы о процессах их роста в процессе газофазного осаждения. Затем в последнем параграфе третьей главы излагаются результаты исследования люминесцентных свойств изучаемых пирамидальных кристаллитов. Однако после этого автор работы вновь возвращается к вопросам о механизмах формирования алмазных кристаллитов при газофазном химическом осаждении, рассматривая уже пластинчатые структуры в рамках отдельной четвёртой главы диссертации. Учитывая, что диссертационная работа должна отвечать критерию целостности и последовательности изложения, весь материал, посвящённый механизмам роста алмазных кристаллитов и поликристаллических плёнок, мог бы быть обобщён в рамках одной главы диссертации. В свою очередь, выделять отдельной главой следовало бы изложение результатов исследования центров окраски в получаемых алмазных структурах, так как данный вопрос представлял собой обособленную задачу в рамках проводившихся автором исследований.

Тем не менее, указанные замечания не умаляют значимости и ценности диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Алексеев Андрей Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Официальный оппонент:

Кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник Лаборатории спектроскопии наноматериалов
Центра естественно-научных исследований Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова
Российской Академии Наук

БОКОВА-СИРОШ Софья Николаевна

СН 20.09.2018 г.

Контактные данные:

тел.: 7(499)5038780, e-mail: bokova.sirosh@gmail.com

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.04.21 - Лазерная физика

Адрес места работы:

119991, г. Москва, ул. Вавилова, д. 38 корп. 5,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей
физики им. А.М. Прохорова Российской Академии Наук, Центр естественно-
научных исследований, Лаборатория спектроскопии наноматериалов
Тел.: 7(499)1354148; e-mail: postmaster@kapella.gpi.ru

Подпись сотрудника ИОФ РАН
С.Н. Боковой-Сирош удостоверяю:

Ученый секретарь ИОФ РАН

