

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Левченко Егора Александровича «Динамика молекул в тонкой плёнке C_{60} на поверхности полупроводников», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Е.А. Левченко посвящена экспериментальному изучению динамики молекул фуллерена C_{60} в составе монослойных плёнок на поверхности $WO_2/W(110)$ в различных условиях.

В последнее время проявляется большой интерес к созданию полупроводниковых приборов на основе отдельных молекул. Этот интерес обусловлен необходимостью уменьшения размеров отдельных компонентов полупроводниковых устройств. Кандидатом на роль базовой молекулы для формирования таких устройств рассматривается молекула фуллерена C_{60} . Открытым остаётся вопрос надёжности транзисторов на основе C_{60} . Исследование стабильности работы подобных устройств является весьма актуальным.

Структура диссертации и её основное содержание

Диссертация состоит из введения, шести глав, включающих описание методики эксперимента, основных выводов и списка цитируемой литературы, включающего 91 источник. Общий объём работы составляет 89 страниц, в том числе 42 рисунка.

Во введении обоснована актуальность темы, степень её разработанности, поставлены цели и задачи и отражена научная новизна исследований. Описан объект исследований. Приведены положения, выносимые на защиту, их апробация на различных научных конференциях, публикациях в научных журналах.

В первой главе приведён литературный обзор по теме исследования.

Указаны результаты ранних работ изучению свойств молекулы C_{60} в объёмных кристаллах и тонких плёнках. Представлены результаты работ по изучению фазового вращательного перехода в плёнке C_{60} , ориентации плёнки C_{60} на подложке, различий по яркости изображений молекул C_{60} на СТМ изображениях.

Во второй главе описана методика исследования тонких плёнок фуллерена C_{60} – СТМ. Приведены основные сведения о принципах работы сканирующего туннельного микроскопа и режимах сканирования. Описаны процедуры подготовки подложки для формирования плёнки фуллерена.

В третьей главе приведены результаты исследования поверхности $WO_2/W(110)$ сканирующим туннельным микроскопом. Отмечено, что предложенная ранее модель периодической структуры поверхности подложки не коррелирует с результатами экспериментального исследования, проведённого в данной работе. Показано, что проявление периодических рядов и канавок на поверхности $WO_2/W(110)$ вызвано электронной структурой подложки.

В четвёртой главе отражены результаты СТМ исследований ориентации монослойной плёнки C_{60} на поверхности $WO_2/W(110)$, а также результаты исследований границы двух разноориентированных доменов. Было показано, что существует две ориентации монослойной плёнки C_{60} , которые подтверждаются расчётами энергии адсорбции модели кластера молекул C_{60} на периодической структуре подложки. Вдоль границы разноориентированных доменов наблюдались молекулы, декорирующие дефекты структуры плёнки фуллерена. Проявление статичных молекул связывается с повышением давления в области дефектов и, как следствие, повышением температуры фазового вращательного перехода.

В пятой главе описаны причины образования на СТМ изображениях кластеров молекул с размытой внутренней структурой. Указана причина изменения границ этих кластеров во времени. Определены энергетические параметры переключения молекулы C_{60} между двумя ориентациями на основе экспериментальных данных.

В шестой главе указаны результаты исследований причин образования

градаций по яркости молекул C_{60} на СТМ изображениях. Указано, что ярким молекулам соответствует отрицательно заряженное состояние молекулы, тёмным – нейтральное. Предложен механизм перехода из яркого состояния в тёмное: при изменении зарядового состояния молекулы происходит её переключение из h-p в h-h ориентацию относительно подложки.

В заключении сформулированы основные результаты исследований, которые заключаются в следующем: на основании большого объёма полученных оригинальных экспериментальных результатов выявлены особенности динамики отдельных молекул C_{60} в составе монослойных плёнок на поверхности $WO_2/W(110)$.

Среди достоинств работы следует отметить чёткость постановки задачи, полное обоснование её актуальности, использование современных методов и приборов исследования тонких плёнок фуллерена.

Достоверность и обоснованность результатов

Оценивая работу в целом, можно заключить, что диссертация выполнена на высоком экспериментальном уровне и представляет собой законченное научное исследование. Материалы диссертации изложены в чёткой и ясной манере. Численные оценки находятся в хорошем соответствии с экспериментом, а ряд результатов согласуется с данными других авторов. Основные результаты диссертации прошли необходимую апробацию: они опубликованы в ведущих журналах, неоднократно докладывались на российских и международных конференциях. Полученные результаты имеют большое научное и практическое значение для дальнейшего развития одномолекулярной наноэлектроники. Автореферат диссертации достаточно полно и точно раскрывает содержание работы.

Замечания по работе

Недостатки работы, по поводу которых можно сделать замечания, заключаются в следующем:

1. Заголовок диссертации не в полной мере отражает её содержание. Вместо указанной в заголовке исследования динамики молекул C_{60} на поверхности

полупроводников, исследования проводились на поверхности только лишь $\text{WO}_2/\text{W}(110)$.

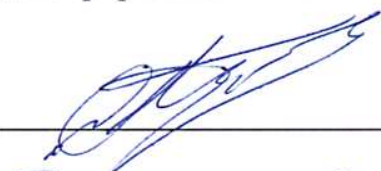
2. На графике, представленном на рисунке 6.5 представлено малое количество экспериментальных точек.

3. Присутствуют орфографические ошибки, неудачные формулировки.

Указанные замечания, тем не менее, не изменяют общую положительную оценку диссертации.

Представленные результаты исследований Левченко Егора Александровича характеризуют его как квалифицированного учёного. Его диссертационная работа «Динамика молекул в тонкой плёнке C_{60} на поверхности полупроводников» представляет глубокое научное исследование, новизна и достоверность которого не вызывает сомнений. По объёму, научному вкладу и форме представления полученных результатов, работа соответствует всем требованиям, предъявляемым Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07-физика конденсированного состояния.

Заведующий лабораторией физики
полупроводниковых наноструктур
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института проблем технологии
микроэлектроники и особочистых
материалов Российской Академии наук,
доктор физико-математических наук



Подпись Морозова
Учёный секретарь ИПТМ РАН



Морозов Сергей Владимирович

Рей (А.И. Ревкина)