

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации Бородина Богдана Романовича «Сканирующая зондовая литография дихалькогенидов переходных металлов и исследование электронных и оптических свойств структур на их основе», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – «Физика полупроводников»

Диссертация Бородина Богдана Романовича посвящена экспериментальному исследованию опто-электронных свойств дихалькогенидов переходных металлов и разработке методов создания микро- и нано-структур на основе этих материалов. Дихалькогениды переходных металлов – слоистые Ван-дер-Ваальсовы полупроводники – являются перспективным классом материалов для разработки на их основе новых поколений компактных фотонных и опто-электронных устройств. Эти полупроводники обладают высокими значениями показателя преломления, большими энергиями связи экситонов порядка 0.5 эВ, а также рядом уникальных свойств, таких как наличие долиной степени свободы. Несмотря на значительный прогресс в исследовании дихалькогенидов переходных металлов, достигнутый за последние 20 лет, некоторые их свойства и связанные с этими свойствами эффекты остаются недостаточно изученными. Диссертационное исследование Бородина Б. Р. направлено на восполнение этих пробелов и решает ряд важных задач в области исследования и модификации оптических и электронных свойств дихалькогенидов переходных металлов методами сканирующей зондовой микроскопии и литографии. Таким образом, тема диссертации актуальна и представляет большой интерес для широкого круга исследователей в области физики полупроводников и, в частности, двумерных дихалькогенидов переходных металлов.

В ходе диссертационного исследования получены несколько важных и новых результатов. Во-первых, изучена зависимость работы выхода образцов дихалькогенидов переходных металлов (MoSe_2 , WSe_2 и WS_2) на различных подложках от числа слоев. Во-вторых, исследованы механизмы локального анодного окисления с помощью микроскопического зонда и продемонстрирован новый способ литографии двумерных полупроводников с латеральным разрешением порядка 10 нм. Показан эффект расслоения многослойного MoSe_2 на квази-независимые слои при локальном анодном окислении. Наконец, разработан и экспериментально опробирован новый метод создания наноструктур на основе многослойных образцов двумерных полупроводников с помощью фрикционной сканирующей зондовой

литографии. Изготовлены и изучены резонансные наноструктуры на основе многослойного MoSe_2 , поддерживающие фотонные моды шепчущей галереи, усиливающие сигналы фотолюминесценции до 3-х порядков. Полученные результаты обладают высокой степенью новизны и предоставляют платформу для дальнейших исследований дихалькогенидов переходных металлов и структур на их основе.

В работе Бородин Б. Р. используются современные подходы к исследованию оптических и электронных свойств полупроводников, включающие атомно-силовую микроскопию, сканирующую зондовую литографию и оптическую спектроскопию фотолюминесценции, комбинационного рассеяния и рассеяния в темном поле. Общий уровень исследования высокий, как и качество текста автореферата. Достоверность представленных в диссертации результатов подтверждается публикациями в журналах хорошего уровня (2D Materials, Nanotechnology, Nanoscale Horizons) и докладами на международных конференциях. Отмечу, что Бородин Б. Р. является первым автором в подавляющем большинстве (11) из представленных в автореферате публикаций. Существенных замечаний к автореферату не возникло.

По моему мнению, работа соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а соискатель Бородин Богдан Романович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – «Физика полупроводников».

PhD
ведущий научный сотрудник

+7 (812) 480-08-32

vasily.kravtsov@metalab.ifmo.ru

197101, Кронверкский проспект, д. 49, лит. А, Санкт-Петербург

31.05.2023

Кравцов Василий Андреевич