

## ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертации А.М. Кадыкова «Фотоотклик и стимулированное излучение в структурах на основе соединений HgCdTe в среднем и дальнем ИК диапазонах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертационная работа А.М. Кадыкова посвящена экспериментальному исследованию узкозонных твердых растворах кадмий-ртуть-теллур и квантовых ямах (КЯ) на их основе с помощью изучения фотоотклика на терагерцовое излучение, исследованию транспортных свойств структур в магнитном поле, спектров фотолюминесценции и стимулированного излучения в среднем и дальнем ИК диапазонах. Магнитотранспортные исследования и исследования фотоотклика на терагерцовое излучение гетероструктур HgCdTe с КЯ были выполнены соискателем с 2015 по 2017 гг. во время его пребывания в лаборатории Шарля Кулона университета Монпелье, Франция в рамках совместной аспирантуры между ИФМ РАН и университетом Монпелье. Тогда же, с использованием экспериментальных методик ИФМ РАН, А.М. Кадыковым были начаты исследования спектров фотолюминесценции и стимулированного излучения в среднем в структурах с КЯ и объемных эпитаксиальных слоях HgCdTe. Стоит выделить два, на мой взгляд, важнейших результата этих исследований. Первый, связан с демонстрацией топологического фазового перехода при исследовании магнитотранспортных характеристик холловского мостика с затвором на основе гетероструктуры двумерного топологического изолятора с КЯ HgTe/CdHgTe толщиной 6.5 нм, при различных температурах от 1.7 до 40 К. Анализируя положения нулевых уровней Ландау и отслеживая их пересечение (антипересечение) при различных температурах впервые наглядно был продемонстрирован топологический фазовый переход, определена критическая температура, составившая 27 К. Второй результат, имеющий практическую направленность исследований, связан с получением в волноводных гетероструктурах с КЯ HgTe/CdHgTe стимулированного излучения на рекордной длине волны  $\lambda \approx 10.2$  мкм. Эффект двукратного продвижения стимулированного в длинные волны, связан с подавлением Оже-рекомбинации в гетероструктурах с узкими КЯ HgTe/CdHgTe (по сравнению с объемными слоями твердого раствора HgCdTe). Эти результаты фактически послужили толчком к дальнейшему развитию данных направлений исследований. Несомненным достоинством А.М. Кадыкова на момент окончания совместной аспирантуры является его широкий экспериментальный кругозор в профессиональном владении как магнитооптическими и магнитотранспортными методами, так и оптическими методами исследований.

Представленные в диссертации А.М. Кадыкова результаты опубликованы в 10 статьях в реферируемых научных журналах и докладывались на международных и российских конференциях и симпозиумах (22 публикации в материалах конференций, симпозиумов). А.М. Кадыков продемонстрировал хорошую подготовку в области физики полупроводников и

## ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертации А.М. Кадыкова «Фотоотклик и стимулированное излучение в структурах на основе соединений HgCdTe в среднем и дальнем ИК диапазонах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертационная работа А.М. Кадыкова посвящена экспериментальному исследованию узкозонных твердых растворах кадмий-ртуть-теллур и квантовых ямах (КЯ) на их основе с помощью изучения фотоотклика на терагерцовое излучение, исследованию транспортных свойств структур в магнитном поле, спектров фотолюминесценции и стимулированного излучения в среднем и дальнем ИК диапазонах. Магнитотранспортные исследования и исследования фотоотклика на терагерцовое излучение гетероструктур HgCdTe с КЯ были выполнены соискателем с 2015 по 2017 гг. во время его пребывания в лаборатории Шарля Кулона университета Монпелье, Франция в рамках совместной аспирантуры между ИФМ РАН и университетом Монпелье. Тогда же, с использованием экспериментальных методик ИФМ РАН, А.М. Кадыковым были начаты исследования спектров фотолюминесценции и стимулированного излучения в среднем в структурах с КЯ и объемных эпитаксиальных слоях HgCdTe. Стоит выделить два, на мой взгляд, важнейших результата этих исследований. Первый, связан с демонстрацией топологического фазового перехода при исследовании магнитотранспортных характеристик холловского мостика с затвором на основе гетероструктуры двумерного топологического изолятора с КЯ HgTe/CdHgTe толщиной 6.5 нм, при различных температурах от 1.7 до 40 К. Анализируя положения нулевых уровней Ландау и отслеживая их пересечение (антипересечение) при различных температурах впервые наглядно был продемонстрирован топологический фазовый переход, определена критическая температура, составившая 27 К. Второй результат, имеющий практическую направленность исследований, связан с получением в волноводных гетероструктурах с КЯ HgTe/CdHgTe стимулированного излучения на рекордной длине волны  $\lambda \approx 10.2$  мкм. Эффект двукратного продвижения стимулированного в длинные волны, связан с подавлением Оже-рекомбинации в гетероструктурах с узкими КЯ HgTe/CdHgTe (по сравнению с объемными слоями твердого раствора HgCdTe). Эти результаты фактически послужили толчком к дальнейшему развитию данных направлений исследований. Несомненным достоинством А.М. Кадыкова на момент окончания совместной аспирантуры является его широкий экспериментальный кругозор в профессиональном владении как магнитооптическими и магнитотранспортными методами, так и оптическими методами исследований.

Представленные в диссертации А.М. Кадыкова результаты опубликованы в 10 статьях в реферируемых научных журналах и докладывались на международных и российских конференциях и симпозиумах (22 публикации в материалах конференций, симпозиумов). А.М. Кадыков продемонстрировал хорошую подготовку в области физики полупроводников и

твердотельной электроники, умение быстро проникать в суть исследуемого явления, способность осваивать современную экспериментальную технику и методы исследования. В 2016-2017 и 2017-2018 гг. А.М. Кадыков присуждался стипендии им. академика Г.А. Разуваева Администрации Нижегородской области для аспирантов. В марте 2018 года доклад А.М. Кадыкова был удостоен дипломом I-ой степени на ежегодном международном симпозиуме «Наноп физика и Наноэлектроника».

Суммируя вышесказанное, считаю, что А.М. Кадыков является сложившимся высококвалифицированным исследователем и безусловно заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель:

зав. лабораторией ИФМ РАН,  
к.ф.-м.н.

С.В. Морозов

«08» октября 2018 г.

Подпись С.В. Морозова заверяю.

Учёный секретарь ИФМ РАН,  
к.ф.-м.н.

Д.М. Гапонова