

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Фадеева М.А.

«Исследование магнитопоглощения, спонтанного и стимулированного излучения в гетероструктурах с квантовыми ямами Hg(Cd)Te/CdHgTe и InAs/Ga(In)Sb/InAs», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук Специальность 2.2.2. — Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств

Несмотря на большое количество теоретических исследований, посвященных двумерным топологическим изоляторам (ДТИ), экспериментальные свойства таких объектов изучены пока что недостаточно подробно. Открытие состояний ДТИ в системе HgTe/CdHgTe, а затем в InAs/GaSb, позволило приступить к более детальным экспериментальным исследованиям. Диссертационная работа М.А. Фадеева посвящена исследованию как оптических и магнито-оптических свойств гетероструктур (ГС) InAs/GaSb/InAs со специфической зонной структурой, так и фотолюминесценции (ФЛ) гетероструктур на основе HgTe/CdHgTe, перспективных для создания источников стимулированного излучения (СИ) дальнего инфракрасного диапазона. Это делает работу М.А. Фадеева весьма актуальной.

Среди полученных Фадеевым М.А. результатов следует отметить следующие:

Исследованы спектры терагерцовой ФЛ и магнитооптического поглощения (МОП) ГС InAs/GaSb/InAs с зонной структурой, соответствующей точке перехода между состояниями ДТИ и полуметалла.

Впервые проведены исследования МОП и ФЛ ГС с тройными квантовыми ямами (КЯ) InAs/Ga(In)Sb/InAs с инвертированной зонной структурой, соответствующей состоянию ДТИ.

При характеристике серии волноводных ГС с КЯ HgCdTe/CdHgTe методами спектроскопии ФЛ и МОП установлено, что КЯ с номинальным (заявленным изготовителем) бинарным составом могут в действительности содержать Cd в диапазоне составов от 0 до 10%. При этом показано, что наибольшая температура гашения СИ достигается в структурах, использующих ямы из чистого HgTe и барьеры CdHgTe с высоким (мольной долей ~ 0.7) содержанием теллурида кадмия.

Исследовано влияние длины волны оптической накачки на характеристики СИ в ГС на основе HgCdTe. Показано, что накачка с длиной волны 10.6 мкм, в отличие от более коротковолнового излучения, не вызывает разогрева носителей даже при большом ($>10^{24}$) количестве фотонов в импульсе, поэтому является предпочтительной для получения СИ в длинноволновом диапазоне.

В волноводных ГС на основе HgCdTe с КЯ шириной от 6.1 нм до 7.6 нм получено СИ на длинах волн до 18 мкм. Показано, что несмотря на необходимость высокой пороговой интенсивности накачки, увеличивающейся с 0.2 кВт/см^2 на длине волны 10.9 мкм до 5 кВт/см^2 на длине волны 18 мкм для КЯ из чистого HgTe, в абсолютном выражении эта величина остается более чем на 2 порядка меньше порога прочности ГС,

определяющего максимальную мощность оптического возбуждения. Полученные результаты подтверждают перспективность работы по дальнейшему увеличению длины волны и температуры гашения СИ в ГС с КЯ HgTe/CdHgTe.

Работа М.А. Фадеева не свободна от недостатков, и, говоря о замечаниях, можно отметить следующее:

1. Из автореферата не вполне ясно, какую именно модель оже-рекомбинации использовал при анализе температуры гашения СИ. В тексте автореферата речь идет только об увеличении порога оже-рекомбинации. Из этого текста не ясно, рассматривались ли, например, беспороговые и квазипороговые механизмы оже-рекомбинации, специфичные для структур с барьерами и, в частности, для КЯ на основе HgCdTe.
2. В тексте автореферата встречаются опечатки. Так, например, в самом начале автореферата неоднократно упоминаются квантовые ямы «Hg/HgCdTe».

Указанные замечания, впрочем, не уменьшают значимость работы и заслуг автора. Научные положения и выводы, сделанные в диссертационной работе, без сомнения обладают научной ценностью и имеют практическую значимость для развития физики и технологии гетероструктур с квантовыми ямами на основе Hg(Cd)Te/CdHgTe и InAs/Ga(In)Sb/InAs. Достоверность и новизна выводов и положений полностью обоснованы. Публикации автора, представленные как в отечественных, так и в ведущих международных (Applied Physics Letters, Physical Review B, и т.п.) изданиях, адекватно отражают смысл и содержание работы.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Фадеева Михаила Александровича является законченной научно-исследовательской работой, полностью удовлетворяющей требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2. — Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств.

Главный научный сотрудник – заведующий лабораторией фотоэлектрических явлений в полупроводниках ФТИ им. А.Ф. Иоффе,

Доктор физико-математических наук

(специальность 01.04.10 – физика полупроводников)

194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 26

Моб. тел. +7(921)7536582

Эл. почта: mynkad@mail.ioffe.ru

К.Д. Мынбаев

22.10.2021 г.



Подпись Мынбаева К.Д. достоверно
сверено в отделе кадров ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Н.С. Бузенков