

603087, Нижегородская область,
Кстовский район, д. Афоново,
ул. Академическая, д. 7.

В диссертационный совет
24.1.238.02
при ФИЦ ИПФ РАН

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Фадеева Михаила Александровича** "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 по специальности 2.2.2 – Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств

В настоящее время ведется поиск материалов, которые позволили бы реализовать состояние двумерного топологического изолятора при высоких температурах. Перспективными для этой цели являются трехслойные структуры с квантовыми ямами InAs/GaSb/InAs, имеющими инвертированную зонную структуру и достаточно большую ширину запрещенной зоны. Такие структуры могут найти применение в спинтронике. Важное прикладное значение имеют также длинноволновые лазеры на основе гетероструктур с квантовыми ямами HgTe/CdHgTe, в которых может быть достигнута высокая эффективность за счет подавления оже-рекомбинации. Диссертационная работа М.А. Фадеева посвящена экспериментальному исследованию зонного спектра гетероструктур InAs/Ga(In)Sb/InAs с инверсией зон и разработке физических основ для создания источников стимулированного излучения дальнего инфракрасного диапазона на основе гетероструктур Hg(Cd)Te/CdHgTe. Именно это определяет актуальность работы.

В работе получен ряд новых важных результатов, среди которых следует отметить следующие.

Впервые исследованы спектры магнитооптического поглощения напряженных гетероструктур InAs/Ga(In)Sb/InAs с инвертированной зонной структурой, соответствующей состоянию двумерного топологического изолятора, и определены условия, при которых происходит переход топологический изолятор–полуметалл. В структуре с квантовыми ямами InAs/Ga_{0,65}In_{0,35}Sb/InAs достигнута величина ширины запрещенной зоны в 35 мэВ и показано, что она не меняется с температурой.

В волноводных гетероструктурах с квантовыми ямами HgTe/CdHgTe впервые получено и исследовано стимулированное излучение в диапазоне длин волн 13–18 мкм. Установлено, что смещение длины волны оптического возбуждения из ближнего ИК диапазона в средний ИК диапазон приводит к увеличению интенсивности

стимулированного межзонного излучения. Показано, что варьирование параметров квантовых ям позволяет значительно увеличить порог безызлучательной оже-рекомбинации и расширить интервал температур, в которых можно получить стимулированное излучение при оптической накачке.

Автореферат и опубликованные статьи автора свидетельствуют о высоком научном уровне работы.

По тексту автореферата можно сделать следующие замечания.

1. В 4-м положении, вынесенном на защиту, автор говорит, что при накачке с длиной волны 2 мкм диапазон уровней возбуждения, обеспечивающих эмиссию длинноволнового стимулированного излучения, значительно более узкий, чем при накачке с длиной волны 10.6 мкм. И утверждает, что это «обусловлено разогревом неравновесных носителей» при накачке с длиной волны 2 мкм. Вообще говоря, при накачке с длиной волны 10.6 мкм также имеет место некоторый разогрев неравновесных носителей. Поэтому, на наш взгляд, формулировка 4-го положения требует уточнения, касающегося степени разогрева неравновесных носителей при разных длинах волн накачки.

2. На с. 3 автор пишет, ссылаясь, в частности, на работу [3], что в квантовых ямах HgTe/HgCdTe и InAs/GaSb, а также в двумерных пленках 1T-WTe₂ «транспорт краевых состояний ... проявляется лишь при криогенных температурах существенно ниже 1 К». Это противоречит тексту на с.4, где указывается на «демонстрацию краевого транспорта в слоях 1T-WTe₂ при температурах до 100 К» в работе [3].

Указанные замечания носят частный характер и не снижают высокой положительной оценки работы в целом.

Считаю, что рассматриваемая диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Фадеев Михаил Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2 – Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств.

Профессор высшей инженерно-физической школы
Санкт-Петербургского политехнического
университета Петра Великого,
доктор физ.-мат. наук

В.А. Шальгин

