

ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета Агекияна В. Ф. на диссертацию Курдюбова Андрея Сергеевича на тему «Динамика и контроль резервуара экситонов в квантовых ямах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. физика полупроводников.

Во введении к диссертации сформулирована цель проведенного исследования: изучение процессов, от которых зависят заселенность резервуара неизлучающих (темных) экситонов в полупроводниках и его динамические свойства. Далее перечислены задачи, которые необходимо решить для достижения этой цели: выбор образцов, разработку экспериментальных методик, получение экспериментальных данных и их анализ на основе разработанной соискателем модели.

Научная новизна диссертации определяется

- применением нового метода – спектроскопии возбуждения нерадиационного уширения в спектрах экситонных резонансов (светлых экситонов), который дает возможность получать сведения о резервуаре неизлучающих экситонов;
- установлением основного механизма опустошения резервуара неизлучающих экситонов (рассеяние на свободных носителях);
- демонстрацией возможности уменьшать количество неизлучающих экситонов с помощью оптического возбуждения;
- созданием модели, которая хорошо согласуется с полученными экспериментальными данными.

Научная и практическая значимость работы заключается в возможности применения новых разработанных соискателем методик для изучения оптических свойств разнообразных гетероструктур, в частности, для исследований поляритонных эффектов в гетероструктурах с резонаторами.

В первой главе дан обзор исследований экситонов в квантовых ямах. Обсуждаются свойства экситонов в квантовых ямах на основе арсенида галлия, размерное квантование, правила отбора для переходов между дырочными и электронными состояниями, влияние радиационного и нерадиационного уширения на форму экситонных контуров в спектрах отражения. Обсуждаются условия, при которых экситон может превратиться в фотон, показано, как формируется спектр отражения гетероструктуры с квантовой ямой. Обсуждаются возможные механизмы уширения и формы контуров экситонных резонансов. Последний раздел главы посвящен обсуждению свойств резервуаров экситонов, свободных носителей заряда и фононов, подчеркивается многообразие процессов, происходящих при взаимодействии этих резервуаров.

Во второй главе описаны исследованные гетероструктуры с квантовыми ямами и экспериментальные методики. Автор тщательно подошел к отбору образцов, потому что успех работы во многом зависел от качества квантовых ям (гладкости интерфейсов), их толщины и высоты потенциальных барьеров. Далее подробно описаны разработанные автором оригинальные методики измерения нерадиационного уширения резонансов тяжелого и легкого экситонов в условиях оптической накачки непрерывным и импульсным лазером с последующим детектированием спектра отражения фемтосекундным лазерным импульсом.

В третьей главе изложены результаты экспериментальных исследований вариативной (индуцированной оптической накачкой) части нерадиационного уширения экситонных контуров в спектрах отражения, а также исследований спектров возбуждения люминесценции для тяжелого и легкого экситонов. Показано, что динамика уширения существенно зависит от уровня оптического возбуждения и энергии фотонов. Основное внимание уделено медленной динамике резервуара темных экситонов. Обнаружено, что при сильном возбуждении во временной зависимости уширения появляется узкий пик, связанный, по-видимому, с взаимодействием светлых экситонов. При возбуждении образца в коротковолновую подбарьерную область происходит уменьшение величины нерадиационного затухания, которое автор диссертации связывает с возбуждением носителей в барьерный слой, приводящим к опустошению резервуара неизлучающих экситонов.

В четвертой главе диссертации разработана количественная модель динамики нерадиационного уширения экситонного резонанса в условиях резонансной и нерезонансной накачки. Модель, в частности, хорошо согласуется с экспериментом в отношении кинетики экситонной люминесценции. Автор критически подходит к модели, указывая не только на ее достоинства, но и на моменты, требующие ее совершенствования.

При изучении диссертационной работы возникли следующие вопросы:

- Есть ли различие в энергиях кулоновски скоррелированных пар электронов и дырок и «настоящих» экситонов? Если нет, то как их можно отличить друг от друга?
- Считает ли соискатель взаимодействие светлых экситонов единственной возможной причиной появления узкого пика во временной зависимости величины индуцированного неоднородного уширения при сильной накачке (Рис 3.5)?
- Можно ли получить дополнительную информацию о неизлучающих экситонах из воздействия непрерывной оптической накачки на спектры люминесценции квантовых ям?

Замечания:


- в диссертации есть небольшое количество орфографических ошибок
- зонная структура арсенида галлия на рис. 1.1 представлена излишне схематично.

Основные результаты диссертации – разработка методики спектроскопии нерезонансного уширения экситонных резонансов (NBE), получение важных сведений о динамике неизлучающих экситонов и свободных носителей заряда с использованием методики накачки-зондирования, обнаружение эффекта, позволяющего осуществлять оптический контроль над концентрацией темных экситонов, разработка кинетической модели для описания динамики экситонов и свободных носителей заряда в КЯ являются существенным вкладом в экситонную спектроскопию полупроводниковых гетероструктур.

Считаю, что диссертация Курдюбова Андрея Сергеевича на тему: «Динамика и контроль резервуара экситонов в квантовых ямах» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Курдюбов Андрей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11. физика полупроводников. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Председатель диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук, профессор,
профессор кафедры физики твердого тела СПбГУ

 В. Ф. Агемян

15.06.2022

Подпись
В. Ф. Курдюбов
15.06.2022

