

Отзыв научного руководителя  
о диссертационной работе Соловьева Ивана Александровича  
«Когерентная оптическая динамика экситонов и трионов в полупроводниковых квантовых  
ямах», представленной  
на соискание степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8.  
Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Соловьева Ивана Александровича посвящена исследованию когерентной оптической динамики экситонов и их заряженных комплексов в полупроводниковых наноструктурах методом нестационарного четырехволнового смешивания и фотонного эха. В настоящее время этот метод является мощным и, одновременно, тонким инструментом изучения фундаментальных особенностей нелинейного взаимодействия света с полупроводниковыми наноструктурами, позволяющим наблюдать когерентную оптическую динамику в широком диапазоне времен и получить информацию об энергетической структуре исследуемых ансамблей, основных механизмах дефазировки и энергетической релаксации.

Диссертация обобщает результаты исследований, проведенных автором в направлении развития возможностей когерентного управления экситонами и трионами в полупроводниковых наноструктурах. Часть работы посвящена изучению сверхбыстрой когерентной динамики в перспективных новых полупроводниковых низкоразмерных структурах с квантовыми ямами на основе ZnO и InGaN, когерентные свойства которых мало изучены на сегодняшний день. Автором диссертации впервые были определены спектральные зависимости времен фазовой и энергетической релаксации ансамблей экситонов и трионов двух типов в структурах с квантовыми ямами ZnO/(Zn,Mg)O и разделены вклады различных механизмов в релаксацию. Представленные в диссертации исследования когерентной оптической динамики локализованных экситонов в структуре с квантовыми ямами (In,Ga)N/GaN являются первыми измерениями такого рода. Что, несомненно, определяет актуальность и новизну проделанной работы.

Кроме этого, в диссертационной работе предложено развитие протоколов когерентного оптического контроля экситонов на основе метода спин-зависимого фотонного эха. В работе показана первая экспериментальная реализация протокола спин-зависимого двухимпульсного фотонного эха на системе экситонов в высококачественной квантовой яме (In,Ga)As/GaAs. В работе использован протокол, в котором возбуждается совместная когерентная оптическая динамика экситонов вместе со спиновой прецессией электрона и дырки в экситоне, индуцированной внешним магнитным полем. При этом оказывается, что коротко живущая оптическая когерентность сохраняется относительно длительное время в экситонной системе за счет смешивания состояний темных и светлых экситонов магнитным полем, что подтверждается особым аперриодическим режимом поведения сигнала, проявляющимся во время фазовой релаксации темных экситонов. Изучение природы такой комплексной спиновой и оптической динамики экситонов в модельной структуре, дает возможность добиться увеличения времени существования оптической когерентности и, в дальнейшем, применить разработанные методики к новым объектам.

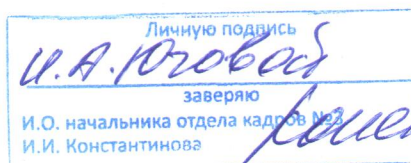
Иван Александрович провел большой цикл измерений. При проведении исследований Иваном Александровичем была создана высококлассная экспериментальная установка для детектирования сигнала двухимпульсного и трехимпульсного фотонного эха

от полупроводниковых наноструктур с высоким временным и спектральным разрешением, позволяющая проводить измерения при температурах жидкого гелия, и с возможностью варьирования температуры образца, поляриметрических конфигураций возбуждения и детектирования, интенсивностей возбуждающих импульсов, а также с возможностью приложения внешнего магнитного поля амплитудой до 6 Т. Иван Александрович проводил анализ и обработку полученных экспериментальных зависимостей. Хорошее согласие экспериментальных и теоретических результатов показывает высокую степень достоверности полученных результатов.

Результаты работы опубликованы в пяти научных статьях в международных рецензируемых журналах, а также докладывались на научных семинарах и на российских и международных конференциях. Все это подтверждает высокий научный уровень выполненной исследовательской работы.

Считаю, что диссертационная работа Соловьева Ивана Александровича выполнена на высоком современном научно-исследовательском уровне, а ее автор обладает квалификацией, в полной мере соответствующей уровню кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Югова Ирина Анатольевна,  
доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры ФТТ  
физического факультета СПбГУ



31.04.2023

