

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Авдеева И.Д. «Эффекты междолинного смешивания в наноструктурах из халькогенидов свинца», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика

Исследование квантово-размерных структур на основе халькогенидов свинца представляет не только практический, но и определенный научный интерес. Это связано в первую очередь с особенностями зонной структуры этих материалов, в частности, наличием разрешенных оптических переходов вблизи фундаментального порога, а также многодолинным характером энергетического спектра электронов в точках экстремумов. В этой связи анализ эффектов междолинного рассеяния при формировании электронных, дырочных, а также экситонных состояний в наноструктурах весьма актуален. В своих исследованиях автор использует два подхода: микроскопический – метод сильной связи и феноменологический, в основе которого лежит использование эффективного кр-гамильтониана. В работе проводится детальный анализ энергетического спектра экситонов в квантовых проволоках и в квантовых точках с учетом эффектов междолинного смешивания. Основная часть результатов получена диссертантом впервые.

По работе имеется ряд замечаний:

1. При анализе экситонных состояний автор как бы не учитывает короткодействующее обменное (аннигиляционное) взаимодействие электрона и дырки. Однако именно оно приводит к эффективному «спин-спиновому» взаимодействию электрона и дырки и в результате к расщеплению вырожденных экситонных состояний.

При учете дальнего действия обмена, даже, если ограничиться только его продольной (кулоновской) составляющей, говорить об экситонах не совсем корректно, так как в этом случае к электрон-дырочным состояниям подмешивается длинноволновое электромагнитное поле, а соответствующие $2\hbar$ -частичные возбуждения фактически являются поляритонами. При этом необходимо учитывать, что в отличие от прямого кулоновского, обменное взаимодействие не экранируется. Этот строгий результат следует из квантовой теории поля в её функциональной формулировке (ТМФ, **70**, № 3, 358 (1987); Phys. stat. sol. (b), **155**, 501 (1989); Phys. stat. sol. (b), **155**, 513 (1989)).

2. Предложенная в работе схема «приведения состояний к каноническому виду» на наш взгляд может быть просто решена посредством введения в матричный гамильтониан малого возмущения, понижающего его симметрию и снимающего вырождение.
3. Автор допускает типичную для большинства исследователей ошибку, когда в рамках модели с эффективным кр-гамильтонианом огибающей волновой

функции в k -представлении $\langle \mathbf{k} | F \rangle = F(\mathbf{k})$ посредством фурье-преобразования сопоставляет огибающую волновую функцию в x -представлении $F(\mathbf{x})$. Однако набор состояний $|\mathbf{k}\rangle$ в отличие от блоховских или состояний Кона-Латтинжера не удовлетворяет условию полноты, так как их число ограничено зоной Бриллюэна. Поэтому восстановить волновую функцию в координатном представлении по известной функции $F(\mathbf{k})$ можно только в узлах решетки Браве, т. е. получить $F(\mathbf{a})$. Более того, переход от функции $F(\mathbf{k})$ к функции $F(\mathbf{x})$ не является унитарным преобразованием, а сама функция $F(\mathbf{x})$, строго говоря, не является решением эффективного уравнения Шредингера (ФТП, 48, вып. 10, 1359 (2014); Письма в ЖТФ, 44, вып. 6, 17, (2018)). Это обстоятельство особенно важно учитывать при анализе квантовых проволок и точек малых размеров.

Отмеченные выше недостатки не являются принципиальными. Автором проведена большая теоретическая работа, основные результаты которой прошли всестороннюю апробацию на Российских и международной конференциях и опубликованы в ведущих журналах.

Считаю, что по актуальности темы, новизне полученных результатов, научной и практической значимости работа полностью удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Авдеев Иван Дмитриевич заслуживает присуждение ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Профессор кафедры микро- и нанoeлектроники

СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,

доктор физико-математических наук

кий Г.Ф.

ЗАВЕРЯЮ:
В. СОКОЛОВА
2021