

Отзыв научного руководителя

на выпускную магистерскую квалификационную работу Глазковой Дарьи Алексеевны
**«Изменение электронной структуры магнитных топологических изоляторов
 MnBi_2Te_4 при допировании атомами Sb»**

Магистерская работа Глазковой Д.А. посвящена изучению особенностей электронной структуры нового типа антиферромагнитного топологического изолятора (АФМ ТИ) MnBi_2Te_4 и ее изменений при замещении атомов Bi атомами Sb в широком диапазоне концентраций. АФМ ТИ MnBi_2Te_4 характеризуется уникальными топологическими и магнитными свойствами, что позволяет реализовывать на его платформе уникальные квантовые эффекты, такие как квантовый аномальный эффект Холла, топологический магнитоэлектрический эффект, состояние аксионного изолятора и др. Данный материал характеризуется аномально большой энергетической запрещенной зоной, открываемой в точке Дирака, что позволяет надеяться на реализацию данных эффектов при комнатной температуре. Необходимым условием для этого является локализация открываемой запрещенной зоны в структуре топологических состояний на уровне Ферми. Однако данный материал в нормальных условиях характеризуется существенным сдвигом точки Дирака на 0.25-0.28 эВ ниже уровня Ферми.

Выпускная квалификационная работа Глазковой Д.А. была посвящена изучению возможности сдвига точки Дирака на уровень Ферми путем замещения части атомов Bi атомами Sb в материалах типа $\text{Mn}(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_4$ при изменении концентрации допируемых атомов Sb в широком диапазоне для $x = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ и 1. При этом основной упор делался на изучение изменений электронной структуры Дираковского конуса топологических состояний и состояний валентной зоны и зоны проводимости, а также остовных уровней входящих в структуру образца элементов при изменении уровня допирования атомами Sb. Исследования проводились методами фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии остовных уровней при различных энергиях фотонов и дифракции медленных электронов. Для однозначной взаимосвязи измеренных спектров остовных уровней и валентной зоны измерения проводились в одной и той же точке образца при одних и тех же условиях. В результате исследований Глазковой Д.А. удалось установить, что допирование MnBi_2Te_4 атомами Sb приводит к постепенному сдвигу точки Дирака в сторону уровня Ферми. Сдвиг тем больше, чем больше концентрация допированных атомов Sb. При $x=0.3$ в формуле $\text{Mn}(\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x)_2\text{Te}_4$ точка Дирака достигает уровня Ферми. При дальнейшем росте концентрации атомов Sb точка Дирака и вся структура валентных и состояний зоны

проводимости сдвигается выше уровня Ферми без существенного изменения общей электронной структуры. Выявлены различия в стехиометрическом составе исследуемых образцов - реальном и закладываемом при росте образцов. На основе комплекса проведенных исследований (включая метод резонансной фотоэлектронной спектроскопии) Глазковой Дарье удалось построить зависимость изменения положения точки Дирака в полном диапазоне возможных изменений концентраций (в том числе и выше уровня Ферми), вплоть до полной замены атомов Bi на Sb , и показать, что сдвиг точки Дирака аппроксимируется корневой зависимостью, что коррелирует с соответствующим линейным возрастанием плотности носителей заряда.

За время работы Глазковой Дарьей были освоены и успешно применены для своей научной работы методы фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением, методы рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии с анализом тонкой структуры спектров. Значительная часть работы выполнена Глазковой Д.А. самостоятельно. При выполнении работы ей было изучено и переработано большой объем научной литературы. При проведении работы ей были успешно освоены современные методы обработки экспериментальных данных и с успехом применены при обработке и анализе полученных экспериментальных результатов. С поставленными в рамках выпускной квалификационной работы задачами Глазкова Д.А. успешно справилась.

За время работы в лаборатории Глазкова Д.А. проявила себя как высококвалифицированный специалист, с большим интересом и энтузиазмом относящийся к изучаемой научной проблеме, и ответственно относящийся к порученной работе. Активно участвует в текущей деятельности лаборатории.

Считаю, что магистерская выпускная квалификационная работа Глазковой Д.А. заслуживает отличной оценки, а сама Глазкова Д.А. – присвоения ей степени магистра физики.

Проф. кафедры ЭТТ

Физического факультета СПбГУ

А.М. Шикин

26.05.2022

