

Отзыв

на автореферат диссертации Есина Варнавы Денисовича “Транспорт в топологических полуметаллах в нелинейном режиме: спиновый диод и нелинейный эффект Холла”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Топологические материалы стали флагманом развития физики конденсированного состояния в начале 21 века. Оказалось, что этим веществам, получившим второе развитие в качестве объектов пристального внимания исследователей, присущи удивительные уникальные свойства, природа которых связана с топологически защищенными поверхностными состояниями, являющимися следствием дираковского спектра и устойчивыми к дефектам и неоднородностям границы раздела сред. Эти состояния формируются за счет инверсии зонной структуры материала, обусловленной спин-орбитальным взаимодействием. Выделяют топологические изоляторы и полуметаллы. В последних поверхностные состояния, Ферми-арки, связаны друг с другом через объем вещества и имеют выделенное направление групповой скорости носителей заряда, из-за чего ассоциируются с киральными краевыми состояниями в режиме квантового эффекта Холла. Необычная зонная структура таких материалов, называемых вейлевскими полуметаллами, порождает множество новых физических явлений, касающихся их объемных свойств, таких как высокая подвижность, киральная аномалия магнетосопротивления, аномальный и нелинейный аномальный эффекты Холла. Именно проводящие свойства объемных топологических полуметаллов и исследованы в диссертационной работе В.Д. Есина. Большое внимание к топологическим материалам связано и с перспективой создания новых функциональных устройств и приборов на их основе для электронных и оптоэлектронных применений, что обеспечивает актуальность исследований в этой области.

Среди результатов, полученных в диссертационной работе, следует выделить то, что диссертантом рассмотрены разные типы топологических полуметаллов: магнитные ($\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$, Ti_2MnAl , Fe_3GeTe_2 , CoSi) и немагнитные (WTe_2 , Cd_3As_2); квазидвумерные слоистые (Fe_3GeTe_2) и монокристаллические (WTe_2 , Cd_3As_2 , CoSi , WTe_2 , Cd_3As_2); Вейля ($\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$, Ti_2MnAl , Fe_3GeTe_2 , WTe_2 , CoSi) и Дирака (Cd_3As_2). Так, например, сравнение двух типов интерфейсных структур с магнитными и немагнитными полуметаллами Вейля Ti_2MnAl и WTe_2 дало качественно похожие вольтамперные характеристики с гистерезисом при малых токах и резкими пиками дифференциального сопротивления при больших. Эволюция пиков сопротивления с магнитным полем, отличная от известной, индуцированной током, динамики намагниченности в ферромагнитных структурах, была связана автором с индуцированной током спиновой прецессией в топологических поверхностных состояниях вейлевского полуметалла. Показано, что для монокристаллического CoSi кривые дифференциального сопротивления качественно аналогичны кривым, полученным для ферромагнитных многослойных структур, с характерными магнетонными пиками, появление которых интерпретируется как наблюдение спиновой поляризации, индуцированной спин-орбитальным взаимодействием, и действием ферромагнитного порядка на рассеяние спин-поляризованных носителей в приповерхностном контактном слое. Следует также отметить наблюдение нелинейного эффекта Холла в немагнитных и магнитных топологических полуметаллах WTe_2 , Cd_3As_2 , $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$. Показано, что в отличие от наблюдаемого нелинейного эффекта Холла, вызванного кривизной Берри, для немагнитных топологических полуметаллов WTe_2 , Cd_3As_2 , для магнитного $\text{Co}_3\text{Sn}_2\text{S}_2$ нелинейный эффект Холла характеризуется сложным взаимодействием различных эффектов: так в сильных магнитных полях это квадратичный закон Зеебека, в слабом поле – поведение линейное и чувствительно к направлению намагниченности образца.

Большим недостатком является то, что автореферат написан жаргонным языком, с огромным количеством грамматических ошибок. Не пояснено многократно повторяющееся, одно из основных используемых понятий в диссертации «измерения на второй гармонике, отклик на второй гармонике». Формулировки, подобранные автором для описания своих результатов, приводят читателя в смятение: «Удивительно, что не только вид кривых dV/dI похожи для интерфейсов $Ni-WTe_2$ и $Au-Ti_2MnAl$, но и особенности dV/dI показывают аналогичное

поведение». Как, например, фраза «Также, для подобных исследований существуют теоретические предпосылки и экспериментальная база» может характеризовать научную и практическую значимость диссертационной работы?!

Отмеченные недостатки не снижают качества полученных результатов, которые являются интересными и новыми, опубликованы в реферируемых отечественных и зарубежных журналах и докладывались на авторитетных российских и международных конференциях. Личный вклад автора, судя по автореферату, не оставляет сомнений в его решающем значении. Таким образом, диссертационная работа Есина В.Д. является завершённой научно-квалификационной работой и соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым «Положением о порядке присуждения ученых степеней», а сам автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Гудина Светлана Викторовна
Кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник
лаборатории полупроводников и полуметаллов
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института физики металлов имени М.Н. Михеева
Уральского отделения Российской академии наук,
620108, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18,
e-mail: svpopova@imp.uran.ru,
тел. 8 343 3783788

22.11.2023

