Каналы высокой проводимости в $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{In,Cu}\rangle$

Кахраманов К.Ш., Абдуллаев Н.А., Кахраманов С.Ш.

Институт физики им. Г.М. Абдуллаева НАН Азербайджана, Баку

DOI 10.34077/Semicond2019-52

Задачи создания новых материалов для эффективного преобразования энергии и уменьшения потерь при ее передаче тесно связаны с разработкой материалов с малым рассеянием при переносе электронов. Получение многослойных материалов с малой диссипацией при переносе заряда возможно при использовании в технологии эффекта самоорганизации наноструктур в ван-дер-ваальсовом промежутке. Ранее нами сообщалось о формировании межслоевых наноструктур (МН) таких, как одномерные каналы протекания заряда и двумерные примесные слои, образующие сверхструктуры, и их влиянии на кинетические параметры. Основные пути проникновения элементов из объема в ван-дер-ваальсовые и дефектные промежутки пролегают по винтовым дислокациям и концентрируются они на окончаниях винтовых дислокаций и других дефектных центрах, где проявляются открытые валентные (оборванные) связи, создавая конические выступы и нано-иглы в межслоевом пространстве Рис.1. Детали контактов слоев $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{In,Cu}\rangle$ между собой и МН не совсем очевидны, но из-за повышения анизотропии электропроводности в 4 раза по сравнению с нелегированным кристаллом[1], влияние их на общую проводимость образца может быть значительным.

Рис.1.— 3D- и 2D-АСМ изображение $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle\text{In,Cu}\rangle$ и профилограмма вдоль сечения, указанного на АСМ-изображении.

Предполагается, что повышенное по сравнению с нелегированным кристаллом сопротивление поперек слоев связано с тем, что для некоторой части слоев контакты с соседними слоями прерываются или являются энергетическими барьерами, которые модифицируют электронные свойства атомов на межслоевой поверхности. Если атомы, находящиеся на краю базисной плоскости, удаляются друг от друга, то электронные валентные плотности оказываются еще более втянутыми внутрь слоев [2]. Как известно, поперечная проводимость обусловлена частичным перекрытием электронных орбиталей, ориентированных перпендикулярно базисной плоскости. Существует отличие в поведении зон в направлении, перпендикулярном слоям квинтета и лежащих в его плоскости. В первом случае дисперсия энергетических зон значительно меньше, чем во втором. Это соответствует меньшей подвижности носителей заряда в направлении перпендикулярно слоям по сравнению с другими направлениями в кристалле. Слоистость кристаллической структуры оказывает влияние на вид энергетического спектра, и в направлениях перпендикулярно слоям зоны более плоские, чем в других направлениях. Увеличение анизотропии проводимости вследствие раздвижения слоев и увеличение высоты межслоевого барьера уменьшает перекрытие волновых функций разных слоев, ослабляет дисперсию и приводит энергетический спектр кристалла к более двумерному виду. Это подтверждено аномальным увеличением подвижности носителей более чем в 5 раз в направлении слоев в легированных образцах.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики - Грант № EIF/ MQM/ Elm-Tehsil-1-2016-1(26)-71/16/1.

[1] Н.А.Абдуллаев, С.Ш.Кахраманов, Т.Г.Керимова, К.М.Мустафаева, С.А.Немов. Анизотропия проводимости в легированных монокристаллах Bi_2Te_3 . ФТП, 2009, т.43, №2, с.156-162.

[2] Т.В.Меньшикова, С.В.Еремеев, Е.В.Чулков. О происхождении состояний двумерного электронного газа на поверхности топологических изоляторов. Письма в ЖЭТФ, 2011, т. 94, в.2, с. 110-115.