Квантовый эффект Холла в трехмерном топологическом изоляторе на основе HgTe

Козлов Д.А.^{1,2}, Квон З.Д.^{1,2}, Михайлов Н.Н.¹, Дворецкий С.А.¹, Ziegler J.³, Weiss D.³

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

³ Institute of Experimental and Applied Physics, University of Regensburg, 93053, Regensburg, Germany.

DOI 10.34077/Semicond2019-478

Целочисленный квантовый эффект Холла (КЭХ) является одним из наиболее ярких явлений физики двумерных систем. В сильных магнитных полях и при низких температурах достаточно однородные системы демонстрируют универсальное поведение, а характерные магнитные поля и температуры, при которых начинают формироваться плато, являются уникальным отпечатком исследуемой системы. Несмотря на десятилетия экспериментальных и теоретических исследований по этому вопросу, до сих пор не существует универсальной модели, описывающей переход от классического к квантовому режиму проводимости. Ситуация становится еще более запутанной в условиях сосуществования нескольких групп носителей, например, двух подзон в широких квантовых ямах, или объемных и поверхностных носителей в трехмерных топологических изоляторах (3Д ТИ).

Данная работа посвящена экспериментальному изучению вопроса формирования КЭХ в 3Д ТИ на основе напряженной пленки HgTe толщиной 80 нм. Особенность этой системы, по сравнению с другими 3Д ТИ, состоит в ее высоком качестве и относительно невысокой величине объемной щели (15 мэВ). Как следствие, с помощью затворного напряжения уровень Ферми можно помещать как в щель, так и в объемные зоны, поэтому поверхностные электроны могут сосуществовать с объемными электронами или дырками. Объемные носители характеризуются большими, по сравнению с поверхностными, эффективными массами, меньшими подвижностями и двукратным спиновым вырождением. Как следствие, формируемые этими носителями уровни Ландау разрешаются в большем магнитном поле, а наблюдаемые осцилляции полной проводимости и их переход в режим КЭХ обладают рядом нестандартных особенностей. На рис.1. представлена зависимость второй производной $d\sigma_{xx}(V_g, B)/dV_g^2$ от магнитного поля и затворного напряжения. На этом рисунке отчетливо наблюдается сложная картина из нескольких вееров уровней Ландау, и в общем случае их описание теоретической моделью не представляется возможным. Однако, полный диапазон можно условно разделить на несколько областей, указанных цифрами, в которых поведение уровней Ландау и наблюдаемых зависимостей σ_{xx} и σ_{xy} можно описать упрощенными моделями. В частности, в областях 3-5 наблюдаемый узор описывается суммарной проводимостью от нескольких групп носителей, в

Рис.1. –Двухмерная карта проводимости $-d^2\sigma_{xx}(V_g, B)/dV_g^2$.

условиях, когда разрешенными оказываются уровни Ландау лишь от одной из этих групп.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-72-00189.