РТ-симметрия терагерцовой фотопроводимости в структурах на основе $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ с инверсным спектром

А.В. Галеева¹⁾, А.С. Казаков¹⁾, А.И. Артамкин¹⁾, Л.И. Рябова²⁾, С.А. Дворецкий³⁾, Н.Н. Михайлов³⁾, М.И. Банников⁴⁾, С.Н. Данилов⁵⁾, С.Д. Ганичев⁵⁾, **Д.Р. Хохлов^{1,4)}**

¹⁾ Физический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва 119991, Ленинские Горы, 1, стр.2

²⁾ Химический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва 119991, Ленинские Горы, 1, стр.3

³⁾ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск, 630090, пр. Ак. Лаврентьева, 13

⁴⁾ Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва 119991, Ленинский пр-т, 53

⁵⁾ University of Regensburg, Regensburg D-93053, Germany, Universitaetstrasse 31
тел: +7 (495) 939-1151, эл. почта: khokhlov@mig.phys.msu.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-79

Исследования топологических изоляторов являются одной из «горячих» тем современной физики конденсированного состояния. В трехмерных топологических изоляторах (ТИ) сильное спин-орбитальное взаимодействие приводит к инверсии энергетических уровней, соответствующих зоне проводимости и валентной зоне в объеме полупроводника. Как следствие, на поверхности 3D ТИ с необходимостью появляются двумерные топологические электронные состояния. Эти состояния характеризуются дираковским спектром с нулевой эффективной массой. Кроме того, направление спина электрона оказывается фиксированным перпендикулярно к его квазиимпульсу в плоскости поверхности, что препятствует рассеянию электронов назад, по крайней мере, в теории. Два упомянутых выше обстоятельства делают очень привлекательной идею использования электронного транспорта по топологическим поверхностным электронным состояниям в электронных устройствах.

Полупроводниковые твердые растворы $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ представляют собой необычный случай реализации топологической фазы. Во-первых, спин-орбитальное взаимодействие уменьшается с увеличением содержания CdTe x в сплаве. Поэтому энергетический спектр электронов инвертирован и соответствует топологическому состоянию при $x < 0.16$, а при $x > 0.16$ спектр является прямым, и формируется тривиальная фаза. Следовательно, можно осуществить переход между топологической и тривиальной фазами при изменении состава сплава. Кроме того, современные методы эпитаксиального роста позволяют синтезировать пленки $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ с низкой свободной концентрацией носителей $\sim 10^{14} \text{ см}^{-3}$.

В работе представлены экспериментальные результаты по исследованию фотопроводимости, возбуждаемой импульсами терагерцового лазера, в эпитаксиальных пленках $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ в непосредственной близости от точки инверсии зон. В отсутствие магнитного поля наблюдалась положительная и отрицательная фотопроводимость в образцах с инвертированным и прямым энергетическим спектром, соответственно [1,2].

Показано, что в пленках на основе $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ с инверсной структурой зон сигнал фотопроводимости оказывается асимметричным по магнитному полю. Данную ситуацию можно рассматривать как нарушение Т-симметрии. Эффект является необычным для материалов, в которых отсутствует встроенный магнитный момент. Кроме того, фотопроводимость оказывается несимметричной для двух зеркально расположенных пар потенциальных контактов, что можно трактовать как нарушение Р-симметрии. В то же время фотоотклик не изменяется при одновременной инверсии магнитного поля и замене пары потенциальных контактов на зеркально расположенную, демонстрируя РТ-инвариантность. Важно подчеркнуть, что вышеуказанные эффекты нарушения симметрии наблюдаются только в неравновесной ситуации. Равновесные характеристики, такие как магнитосопротивление, симметричны по магнитному полю и не отличаются для зеркальных пар потенциальных контактов.

В работе обсуждаются возможные механизмы, приводящие к появлению РТ-симметричной терагерцовой фотопроводимости.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-72-10064.

Литература

- [1] А.В. Галеева и др. // Письма в ЖЭТФ. 2017. Т.106. вып.3. С.156-160.
- [2] A.V. Galeeva et al. // Beilstein J. Nanotechnol. 2018. V.9. P.1035-1039.