Квантовые топологические эффекты в селениде ртути с низкой концентрацией электронов

Лончаков А.Т., Бобин С.Б., Неверов В.Н.

ИФМ УрО РАН, 620108, Екатеринбург, ул.Софьи Ковалевской, 18

DOI 10.34077/Semicond2019-496

В работах [1,2] нами были представлены экспериментальные данные, полученные из анализа магнитосопротивления (МС), которые свидетельствуют о вероятном существовании в HgSe при малой концентрации электронов фазы полуметалла Вейля. Известно, что в вейлевских полуметаллах нетривиальным является не только МС, но и эффект Холла. Настоящий доклад посвящен исследованию особенностей холловского сопротивления в HgSe, как кандидата в семейство полуметаллов Вейля без центра пространственной инверсии с целью выявления в нем теоретически предсказанного в [3] внутреннего квантового спинового эффекта Холла (КСЭХ).

Измерения проводились в магнитном поле до 12Т при температуре в интервале (0.33 – 150)К на образцах HgSe с концентрацией электронов $8.8 \cdot 10^{15}$ (образец 1) и $2.5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ (образец 2). Электрический ток $\vec{J}$ был направлен вдоль оси x , нечетный по магнитному полю поперечный (холловский) сигнал U_{xy} регистрировался вдоль оси y . В эксперименте использованы два варианта ориентации магнитного поля: $\vec{B} \parallel z \perp \vec{J}$ ($\vec{B}_z$ - конфигурация) и $\vec{B} \parallel x \parallel \vec{J}$ ($\vec{B}_x$ - конфигурация). Для наиболее чистого образца 1 в ультраквантовом пределе в поперечном холловском сопротивлении $|\rho_{xy}(B_z)|$ выявлено плато, которое с понижением температуры трансформируется в протяженный максимум. Происхождение последнего можно связать с образованием туннельной щели в полуметалле Вейля в точке Дирака [4]. В $\vec{B}_x$ - конфигурации для «продольного» холловского сопротивления, феноменологически определенного соотношением $\rho_{xy}(B_x) = U_{xy}d/J$ (d - толщина образца), в магнитном поле обнаружено платообразное поведение (*plateau-like behavior (PLB)*) при четком соответствии каждого плато минимуму продольного МС. Установлено, что PLB- структура трансформируется в «лестничную» (*step-like behavior (SLB)*) структуру в «продольной» холловской проводимости $\sigma_{xy}(B_x) = [\rho_{xy}(B_x)]^{-1}$. Величина скачка (кванта) $\Delta\sigma_{xy}$ между соседними плато для образца 1 составила $308 (\text{Ом}\cdot\text{см})^{-1}$. Условие квантования $\sigma_{xy} = \left(n + \frac{1}{2}\right) \Delta\sigma_{xy}$ определяется близким к полуцелому фактором заполнения $\nu \approx \left(n + \frac{1}{2}\right)$ (n – номер подзоны Ландау). Полученную SLB-структуру мы связываем, исходя из [3], с открытием в образце 1 полуцелого КСЭХ с величиной спиновой холловской проводимости $\sigma_{xy}^s = \frac{\hbar}{e} \Delta\sigma_{xy} = 308 \frac{\hbar}{e} (\text{Ом}\cdot\text{см})^{-1}$. КСЭХ в $\vec{B}_x$ - конфигурации является чисто топологическим квантовым эффектом Холла, вклад в который дают только релятивистские квазичастицы в узлах Вейля. Поэтому он должен хорошо воспроизводиться в широком интервале электронных концентраций, что подтверждается наблюдением полуцелого КСЭХ в $\vec{B}_x$ - конфигурации для образца 2.

Таким образом, открытый нами в селениде ртути в $\vec{B}_x$ - конфигурации КСЭХ является еще одной яркой демонстрацией нетривиальной физики полуметаллов Вейля. Его можно использовать в качестве нового магнитотранспортного метода для детектирования в исследуемом материале узлов Вейля с противоположной киральностью.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Электрон», № АААА-А18-118020190098-5) при частичной поддержке РФФИ (№ 18-32-00198 мол_а).

- [1] A.T. Lonchakov et al., *Appl. Phys. Lett.*, **112**, 082101(2018).
- [2] S.B. Bobin et al., *J. Phys.:Condens. Matter*, **31**, 115701 (2019).
- [3] Y. Sun et al., *Phys.Rev. Lett.*, **117**, 146403 (2016).
- [4] C.-L. Zhang et al. *Nature Phys.*, **13**, 979 (2017).