Магнетизм низкоконцентрированной (< 0,2 at.%) электронной системы донорных примесей железа в кристалле селенида ртути**Говоркова Т.Е.¹, Окулов В.И.¹, Окулова К.А.¹, Памятных Е.А.²**¹ ИФМ им. М.Н. Михеева УрО РАН, 620108, ул. С. Ковалевской, 18, Екатеринбург² УрФУ им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, ул. Мира, 19, Екатеринбург

DOI 10.34077/Semicond2019-321

Настоящая работа посвящена изучению магнитолевых зависимостей намагниченности системы донорных электронов примесей железа низкой концентрации в кристаллах селенида ртути. В рамках продолжения исследований, доказывающих существование спонтанной спиновой поляризации при столь низкой концентрации доноров, что межпримесное взаимодействие не может обеспечить спиновое упорядочение, поставлена задача напрямую обнаружить характерные проявления спонтанной намагниченности низкоконцентрированной системы. Возможность появления спонтанной спиновой поляризации совокупности однопримесных электронных состояний была обоснована в работе [1] тем, что в изучаемых системах данные состояния возникают в результате гибридизации 3d-состояний электронов примесных атомов в полосе проводимости кристалла, обеспечивающей их единство, эквивалентное упорядочению. Проявления спонтанной намагниченности тех же объектов наблюдались в аномалиях эффекта Холла [2,3] и в температурных зависимостях намагниченности [4].

Измерения намагниченности $M(H)$ проведены на СКВИД-магнитометре MPMS-5-XL при температуре 5 К в магнитном поле H напряженностью до 50 кОе. Исследовалась серия монокристаллических образцов селенида ртути с примесями железа с концентрациями - $2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ (1), $7 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ (2), $1 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ (3), $4 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ (4). При анализе экспериментальных зависимостей $M(H)$ вычитались собственные вклады диамагнетизма матрицы $\chi_d H$, после чего были получены зависимости спонтанной намагниченности $M_0(H)$, которые имеют вид кривых намагничивания, характерный для магнитоупорядоченных систем. На основе теоретического описания зависимостей $M_0(H)$ определены параметры, характеризующие спиновую намагниченность спонтаннополяризованной системы донорных электронов. Для образцов (2-4), входящих в интервал гибридизации, определены следующие значения параметров: магнитный момент насыщения - $\mu_s = 2,3 \mu_B$ (образец 2), $\mu_s = 1,6 \mu_B$ (образец 3), $\mu_s = 0,4 \mu_B$ (образец 4) и поле насыщения $H_s \sim 35 \text{ кЭ}$. Установлено, что намагниченность насыщения, характеризуемая средним магнитным моментом, приходящимся на один электрон, и магнитный момент насыщения для образцов (2-3) имеют наибольшие значения, а величина поля насыщения намного меньше, чем была бы без спонтанного намагничивания при исследуемой температуре. Полученные параметры электронной системы отвечают ферромагнетизму, природа которого связана с прямым обменным взаимодействием электронов в гибридизированных состояниях. Эти результаты согласуются с экспериментальными данными, полученными ранее при наблюдении аномалий эффекта Холла [2,3].

В целом результат настоящей работы служит прямым подтверждением спонтанной спиновой поляризации низкоконцентрированных электронных систем и дает, тем самым, обоснование возможности существования обнаруженного явления в широком круге объектов.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Электрон» № АААА-А18-118020190098-5 и проекту № 18-10-2-6 Программы УрО РАН.

[1] В.И. Окулов, Е.А. Памятных, В.П. Силин. ФНТ **39**, 1001 (2011).

[2] А.Т. Лончаков, В.И. Окулов, Т.Е. Говоркова и др. Письма в ЖЭТФ **96**, 444 (2012).

[3] A.T. Lonchakov, V.I. Okulov et al., Solid State Phenomena **233-234**, 456 (2015).

[4] Т.Е. Говоркова, А.Т. Лончаков, В.И. Окулов и др., ФНТ **41**, 202 (2015).