Аномальная температурная зависимость намагниченности ($\text{Pb}_z\text{Sn}_{1-z}$) $_{1-x}\text{In}_x\text{Te}$ в сверхпроводящем состоянии

Михайлин Н.Ю., Шамшур Д.В., Парфеньев Р.В., Денисов Д.В.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26

DOI 10.34077/Semicond2019-346

В системе твердых растворов ($\text{Pb}_z\text{Sn}_{1-z}$) $_{1-x}\text{In}_x\text{Te}$ примесь In образует выделенные уровни с высокой плотностью состояний, заметно превышающей зонную. Определяющую роль в реализации сверхпроводящего состояния (СП) в данном соединении играет энергетическое положение примесной зоны индия, зависящей от концентрации Pb (z) и In (x), и ее заполнение носителями [1]. Температура СП перехода в изученных образцах на порядок превышала значения, наблюдающиеся в других СП полупроводниках ($T_{\text{c SnTe}} \leq 0.3 \text{ K}$), и достигала величины $T_{\text{c}} \geq 4 \text{ K}$ ($(\text{Pb}_{0.4}\text{Sn}_{0.6})_{0.8}\text{In}_{0.2}\text{Te}$).

Нами исследовались магнитные свойства твердых растворов ($\text{Pb}_z\text{Sn}_{1-z}$) $_{1-x}\text{In}_x\text{Te}$ с $x=0.16, 0.2$ и $z=0.3, 0.4, 0.5$, а именно температурные и магнитопольевые зависимости намагниченности $m(T, H)$ в области сверхпроводящего состояния ($T < 4 \text{ K}$). На зависимостях $m(H)$ наблюдается гистерезис в СП состоянии. В магнитных полях ($H \sim 10 \text{ кЭ} - 20 \text{ кЭ}$), близких к критическому (H_{c2}) был обнаружен дополнительный максимум амплитудой до 10% от $m(H = 0)$, интерпретируемый как пик-эффект [2].

Обнаружено, что в зависимости $m(T)$ в области температур и магнитных полей, соответствующих наблюдению пик-эффекта в $m(H)$, наблюдается ярко выраженный максимум. С повышением температуры происходит смещение положения пиков на зависимостях $m(T)$ и $m(H)$ в область меньших магнитных полей и уменьшение амплитуды пиков.

Рис.1. – Температурная зависимость намагниченности ($\text{Pb}_{0.4}\text{Sn}_{0.6}$) $_{0.8}\text{In}_{0.2}\text{Te}$, измеренная в режиме охлаждения при $H = 0$ (ZFC) в магнитных полях $H = 11 \text{ kOe}, 13 \text{ kOe}, 15 \text{ kOe}, 17 \text{ kOe}$.

Отметим, что в области максимума величина $m(T)$ в ($\text{Pb}_{0.4}\text{Sn}_{0.6}$) $_{0.8}\text{In}_{0.2}\text{Te}$ становится положительной, хотя образец находится в СП состоянии («парамагнитный эффект Мейснера» [3]).

Пик-эффект в ($\text{Pb}_z\text{Sn}_{1-z}$) $_{1-x}\text{In}_x\text{Te}$ на зависимости $m(H)$ связан, по-видимому, с “плавлением” вихревой решетки при приближении ко второму критическому магнитному полю H_{c2} [4]. Можно предположить, что возникновение максимумов на зависимости $m(T)$ в ($\text{Pb}_z\text{Sn}_{1-z}$) $_{1-x}\text{In}_x\text{Te}$ также связано с изменением степени упорядоченности решетки вихрей при повышении температуры образца.

[1] Р.В. Парфеньев et al, ФТТ, **43**, вып. 10, 1772 (2001)

[2] Н.Ю. Михайлин et al, Low Temperature Physics, **45**, № 2, 219 (2019)

[3] Mai Suan Li, Physics Reports, **376**, 133 (2003)

[4] R. Toft-Petersen et al, Nature Communications, **9**, 901 (2018)