Особенности эффекта поля в квазиодномерном слоистом полупроводнике TiS_3

Горлова И.Г.¹, Фролов А.В.¹, Орлов А.П.^{1,2}, Шахунов В.А.¹, Покровский В.Я.¹

¹ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 125009, Москва, ул. Моховая 11

² Институт нанотехнологий микроэлектроники РАН, 115487, Москва, ул. Нагатинская 16А

DOI 10.34077/Semicond2019-143

В слоистом квазиодномерном полупроводнике TiS_3 недавно обнаружен пик эффекта Холла при $T_0 \approx 60$ К и резкое увеличение нелинейной проводимости при $T < T_0$ [1]. Эти аномалии могут быть связаны с фазовым переходом в конденсированное электронное состояние [1]. Интерес к исследованию TiS_3 обусловлен также возможным практическим применением слоистых халькогенидов в нанoeлектронике. На нанослоях TiS_3 созданы первые полевые транзисторы [2].

В данной работе представлены результаты исследования эффекта поля на монокристаллических вискерах TiS_3 . Структуры типа полевого транзистора изготовлены на основе вискеро́в толщиной 100 – 200 нм. Измерены зависимости сопротивления R от напряжения V_g на затворе, а также $R(T)$ и ВАХ при различных V_g . Наклон зависимостей $R(V_g)$ соответствует проводимости n -типа в диапазоне 4.2 – 300 К, что подтверждает и дополняет результаты по измерению эффекта Холла до 30 К [1]. Полученное значение эффективной подвижности, $\mu_{\text{eff}}(300 \text{ К}) \approx 20 \text{ см}^2/\text{В сек}$ и ее температурная зависимость согласуются с данными по эффекту поля на нанослоях TiS_3 [2]. При этом, $\mu_{\text{eff}}(300 \text{ К})$ в 2 раза меньше значения холловской подвижности μ_H [1], и это расхождение растёт с понижением T .

С понижением температуры от 300 К до 80 К чувствительность сопротивления к напряжению на затворе, $1/R \, dR/dV_g$, возрастает, отражая снижение концентрации электронов n в зоне проводимости. Ниже 80 К обнаружено резкое многократное уменьшение эффекта поля.

Температурные зависимости эффекта поля и эффекта Холла качественно похожи, но пик $1/R \, dR/dV_g$ наблюдается при ≈ 80 К, на 20 К выше пика холловского сопротивления [1]. К снижению обеих характеристик при низких температурах могут приводить локализационные эффекты или появление носителей p -типа. Однако спад эффекта поля при более высокой температуре, чем эффекта Холла, логично объяснить переходом наведённых электронов в коллективное состояние, например, волну зарядовой плотности (ВЗП). Уменьшение эффекта поля при образовании ВЗП ранее наблюдалось в TaS_3 ; температурные зависимости эффекта поля и эффекта Холла, подобные полученным на TiS_3 , наблюдалось в другом соединении с ВЗП – NbSe_3 [3]. Отличие μ_{eff} и μ_H выше T_0 можно объяснить снижением μ с ростом n . Вместе с тем, флуктуационные переходы наведённых электронов в конденсированное состояние также могут объяснить снижение μ_{eff}/μ_H при приближении к T_0 сверху.

Переход наведённых электронов в коллективное состояние при $T_0 \approx 60$ К подтверждается и влиянием эффекта поля на нелинейную проводимость вискеро́в. Выше T_0 напряжение на затворе приводит лишь к сдвигу зависимостей дифференциальной проводимости, $\sigma_d \equiv dI/dV$, от V на постоянную величину, то есть, нелинейная проводимость, $\sigma_d(V) - \sigma_d(0)$, не зависит от V_g . Ниже T_0 при изменении V_g вид ВАХ меняется: нелинейная проводимость увеличивается с ростом n .

Интересно, что T_0 также зависит от V_g : чем выше n , тем ниже T_0 . Аналогичным образом T_0 зависит от n , если сравнивать образцы с разной концентрацией вакансий серы.

Работа проводилась в рамках проектов РФФИ (№ 17-02-01343) и РНФ (№ 17-12-01519).

[1] Gorlova I.G., et al., *Physica B*, 460, 11 (2015).

[2] M. Randle et al., *ACS NANO*, 13, 803 (2019).

[3] Adelman T.L. et al., *Phys. Rev. Lett.*, 74, 5264 (1995).