Эффекты синхронизации волны зарядовой плотности СВЧ полем вблизи пайерлсовского перехода

Зыбцев С.Г., Никонов С.А., Покровский В.Я.

ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, 125009, Москва, ул. Моховая, 11 корп. 7

DOI 10.34077/Semicond2019-359

В квазиодномерных проводниках при приложении напряжения выше порогового волна зарядовой плотности (ВЗП) может двигаться, внося вклад в нелинейную проводимость. При воздействии на ВЗП СВЧ поля наблюдаются интерференционные явления – ступеньки Шапиро (СШ), являющиеся мощным инструментом для исследования ВЗП: по степени синхронизации ВЗП можно судить о её когерентности. Кроме того, ток ВЗП ($I_{ВЗП}$) первой СШ дает информацию о плотности заряда ВЗП n_c .

Данный доклад посвящён исследованию свойств ВЗП в области пайерлсовского перехода, природа которого до сих пор дискутируется. В качестве объекта исследований выбрано соединение NbS_3 -II, одна из ВЗП в котором образуется при $T_p \approx 360$ К и отличается высокой когерентностью [1]. Нам удалось наблюдать СШ вплоть до $T = T_p$ и даже выше. При стандартном определении $I_{ВЗП} = I - V\sigma(0)$, где $\sigma(0)$ – линейная проводимость, n_c падает при $T \rightarrow T_p$. Оказалось, что $n_c \propto 1 - \exp(-\Delta(T)/T)$, где $\Delta(T)$ изменяется согласно теории БКШ. Однако можно предположить, что ВЗП вблизи T_p вносит флуктуационный вклад в $\sigma(0)$ [2].

Тогда $I_{ВЗП} = I - V\sigma_\Delta$, где σ_Δ можно найти, экстраполируя $\sigma(0)$ из области низких температур: $\sigma_\Delta \propto \exp(-\Delta/T)$, $\Delta = 2000$ К. В этом случае получаем $n_c = \text{const}$ вплоть до $T = T_p$. На рис.1 пунктирными прямыми отмечено положение первых СШ. Видно, что при первом способе определения $I_{ВЗП}$ уменьшается с ростом T , а при втором – не изменяется.

Вклад ВЗП в $\sigma(0)$ может быть связан с термоактивированным крипом ВЗП [3], либо со спонтанным проскальзыванием фазы (СПФ) ВЗП. В результате СПФ вблизи T_p может возникать смесь нормальной и пайерлсовской фаз; при этом СПФ не даёт вклад в нелинейную проводимость. Помимо этого, СПФ может стимулировать локальный крип ВЗП, давая вклад как в $\sigma(0)$, так и в нелинейную проводимость [2].

Исследование ВАХ образцов сечением менее или порядка 10^{-3} мкм^2 показало, что в них вблизи T_p происходит размытие порогового поля. При этом $n_c(T)$ нельзя описать, используя формулу БКШ. Очевидно, в таких образцах СПФ происходит во всём сечении, приводя к крипу ВЗП. В более толстых образцах СПФ происходит как крип дислокаций и вносит только омиический вклад в проводимость. Во всех случаях полученный вторым способом результат $n_c = \text{const}$ демонстрирует сохранение общего числа электронов в свободном и коллективном состояниях.

Работа проводилась при поддержке РФФИ (17-02-01343) и РНФ (17-12-01519).

[1] S.G. Zybtev et al., *Phys. Rev. B* **95**, 035110 (2017).

[2] V.Ya. Pokrovskii and S.V. Zaitsev-Zotov, *Phys. Rev. B* **61**, 13261 (2000).

[3] J. McCarten et al., *Phys. Rev. B* **46**, 4456 (1992).

Рис.1. Зависимости дифференциальной проводимости от $I_{ВЗП}$ при СВЧ облучении. Образец $3.5 \text{ мкм} \times 3 \cdot 10^{-4} \text{ мкм}^2$. Из-за размерного эффекта $T_p = 330$ К.