Осцилляции порогового поля и ступенек Шапиро в зависимости от мощности СВЧ облучения в соединении NbS₃ с волной зарядовой плотности

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

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

DOI 10.34077/Semicond2019-362

Одним из свойств квазиодномерных проводников, роднящих их со сверхпроводниками, является эффект синхронизации скольжения волны зарядовой плотности (ВЗП) в СВЧ поле – возникновения ступенек Шапиро на ВАХ. Как и в сверхпроводниках, ширина ступенек, а также величина порогового поля, осциллирует в зависимости от напряжения СВЧ.

Типичным соединением с ВЗП является моноклинная фаза NbS₃, на которой наблюдаются три пайерлсовских перехода: при 460 К (ВЗП-0), 360 К (ВЗП-1) и 150 К (ВЗП-2). ВЗП-1, скольжение которой можно наблюдать при комнатной температуре, обладает высокой когерентностью, и на ней удобно исследовать особенности ступенек Шапиро [1]. Нами было обнаружено [2], что пороговое поле, а также ширина ступенек Шапиро, осциллируют в зависимости от амплитуды СВЧ.

Скольжение ВЗП можно описать моделью вязкого трения, и её инерцией можно пренебречь. Таким образом, значение тока ВЗП в каждый момент времени мы можем вычислить из вольтамперной характеристики $I_{nl}(V)$, измеренной без облучения. Допустим, на образец подается СВЧ меандр с амплитудой V_{rf} и постоянное напряжение V_{dc} : $V = V_{dc} \pm V_{rf}$. Тогда I_{nl} также имеет вид меандров $I_{nl}(V_{dc} \pm V_{rf})$. Перемещение ВЗП за полупериод СВЧ $\delta x = \lambda_{nl}/2I_1$, где I_1 – ток первой гармоники, λ – период ВЗП. Расчёт δx показал, что первый минимум порогового поля (рис.1) соответствует $\delta x = \lambda$ за первые полупериода, и $\delta x = -\lambda$ – за вторые, второй минимум $\delta x = \pm 2\lambda$ и т.д. Первый минимум первой ступеньки Шапиро соответствует перемещению ВЗП на 2λ за первый полупериод СВЧ, и $-\lambda$ – за второй полупериод, второй минимум – на 3λ и -2λ . Аналогично для второй ступеньки первый минимум соответствует 3λ и $-\lambda$, второй минимум – 4λ и -2λ . Для третьей ступеньки первый минимум – 4λ и $-\lambda$, второй минимум – 5λ и -2λ и т.д..

Ранее подобные осцилляции рассматривали как функцию V_{rf} и приближали функцией Бесселя, которая не является строго периодической. В данной работе нами экспериментально показано, что в единицах перемещения ВЗП осцилляции порогового поля и гармоник строго периодичны, причём период колебаний равен λ . Осцилляции ширины ступенек Шапиро и порогового поля могут быть качественно описаны простой моделью вынужденных колебаний частицы в периодическом потенциале произвольной формы.

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

[1] S.G. Zybtev et al., *Appl. Phys. Lett.*, **94**, 152112 (2009).

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

Рис.1. – Зависимость амплитуды ступеньки Шапиро и порогового поля от перемещения ВЗП за один период переменного напряжения (80 МГц)