

Осцилляции и квантование сопротивления в особых температурных точках трехслойных пленок PbS–PbTe–PbS на (001) KCl

© А.И. Федоренко, В.В. Зорченко, А.Ю. Сипатов, О.А. Миронов, С.В. Чистяков, О.Н. Нащеккина

Харьковский государственный политехнический университет,
310002 Харьков, Украина

E-mail: fedor@kpi.kharkov.ua

(Поступила в Редакцию 20 октября 1998 г.)

В окончательной редакции 12 февраля 1999 г.)

На температурных зависимостях сопротивления монокристаллических трехслойных пленок PbS–PbTe–PbS на (001) KCl обнаружены осцилляции и множество точек перегиба. Экстремумы и точки перегиба наблюдаются при температурах $(m/n)T_0$ ($T_0 = 5.238$ К), причем в этих особых температурных точках сопротивление образцов принимает одно из значений $(p/q)R_Q$, где $R_Q = 25812.8 \Omega$ — квант сопротивления; m , n , p и q — целые числа.

Ранее было показано, что температурные зависимости сопротивления металлических островковых пленок на диэлектрической подложке [1], двухслойных пленок PbS/PbTe (111) и PbSe/PbTe (111) на слюде [2], а также мультислоев PbTe/PbS (001) на KCl [3] имеют множество точек перегиба при температурах $T = nT_0$, кратных температуре $T_0 = 5.238$ К, причем в таких особых температурных точках сопротивление островковых пленок [1] и туннельных контактов [4] с диэлектрической прослойкой, внутри которой запечатан островковый металлический слой, оказалось равным $(p/q)R_Q$, где $R_Q = 25812.8 \Omega$ — квант сопротивления; n , p , q — целые числа. В данной статье сообщается о наблюдении точек перегиба и осцилляций температурных зависимостей сопротивления $R(T)$, а также квантовании $R(T)$ в особых температурных точках трехслойных пленок PbS–PbTe–PbS на (001) KCl, которые являются минимальной по числу слоев структурной единицей, проявляющей сверхпроводящие свойства [3,5].

Образцы изготавливались в вакуумной установке ($P \sim 10^{-4} - 10^{-5}$ Па) путем последовательного термического испарения халькогенидов свинца на поверхность (001) KCl при температуре 520–570 К [3,5]. Пленки представляли собой монокристаллические слои с регулярными квадратными сетками дислокаций несоответствия на (001) межфазных границах с расстоянием между дислокационными узлами 5.2 nm. Толщины слоев контролировались кварцевым резонатором и определялись методами рентгеновской дифракции с точностью не хуже 0.1 nm [5]. Образцы конденсировались через окно маски, имевшей форму двойного холловского креста. Размер образцов 10×1 mm². Сопротивление измерялось четырехзондовым методом на постоянном токе с погрешностью $\leq 0.03\%$. Образцы крепились к медному блоку, который размещался в металлическом гелиевом криостате внутри сверхпроводящего соленоида. Температура образца в интервале (4.2–300) К задавалась величиной тока нагревателя, расположенного внутри медного блока. Стабилизация температуры осуществлялась с помощью электронной схемы с обратной связью, обеспечивающей поддержание температуры на заданном уровне в течение

длительного времени с точностью не менее 0.05 К при $T \sim 250$ К. При понижении температуры амплитуда колебаний температуры образца быстро уменьшается. Интервал (1.5–4.2) К перекрывался с помощью откачки паров жидкого гелия форвакуумным насосом (нестабильность температуры не более 0.005 К). Сопротивление образцов определялось в те периоды времени, когда их температура оставалась неизменной. Температура образцов контролировалась и измерялась платиновым термометром сопротивления (рабочий интервал (13–300) К) и двумя полупроводниковыми резистивными датчиками с рабочими интервалами (2–30) К и (1.5–300) К. Погрешность измерения температуры не превосходило 0.02 К при $T \sim 250$ К и 0.002 К при $T \sim 4$ К.

Для каждого из образцов при $T = 250$ К снимались вольт-амперные характеристики (ВАХ). Величина измерительного тока $(0.5 - 1) \cdot 10^{-5}$ А выбиралась таким образом, чтобы этот ток соответствовал линейному омическому участку ВАХ данного образца и был примерно в 4 раза меньше токов, при которых становилось заметным отклонение от линейности. После охлаждения образца и измерения $R(T)$ производилось повторное снятие ВАХ при температуре немного выше температуры сверхпроводящего перехода образца. Для всех образцов изначально выбранная величина измерительного тока находилась в пределах омических участков низкотемпературных ВАХ. Оценки показали, что нагрев пленок током не превосходил ~ 0.005 К во всем диапазоне температур, в котором велись измерения. В процессе измерения $R(T)$ магнитное поле Земли и другие возможные внешние магнитные поля были скомпенсированы с помощью сверхпроводящего соленоида.

На рис. 1 и 2 показаны температурные зависимости сопротивления трех образцов с различными толщинами слоев PbTe (d_{PbTe}), общий характер поведения которых сильно отличается. Для образца с $d_{\text{PbTe}} = 5$ nm (рис. 1) сопротивление имеет минимум при $T = 209.53$ К и увеличивается примерно в 2 раза при уменьшении температуры до 10 К. Заметим, что резкий рост сопротивления при понижении температуры от 573 К до комнатной наблюдался ранее для двухслойных пленок из халькогени-