

Нелинейная проводимость NbS_3 в металлической фазе высокого давления

Е. М. Дижур¹⁾, И. Е. Костылева, А. Н. Вороновский, С. В. Зайцев-Зотов⁺

Институт физики высоких давлений РАН, 142190 Троицк, Московская обл., Россия

⁺ Институт радиотехники и электроники РАН, 125009 Москва, Россия

Поступила в редакцию 4 августа 2009 г.

Проведены измерения температурной зависимости электропроводности квазиодномерного проводника NbS_3 после перехода в металлическое состояние под давлением свыше 6 ГПа. Обнаружено появление области повышенного дифференциального сопротивления в слабых электрических полях ≤ 4 В/см, быстро исчезающей с увеличением температуры свыше 40 К, на фоне которой появляется узкий провал сопротивления при понижении температуры ниже 3.7 К.

PACS: 71.45.-d, 72.15.Nj

Квазиодномерный проводник NbS_3 является представителем семейства трихалькогенидов переходных металлов с общей формулой MX_3 ($\text{M} = \text{Nb}, \text{Ta}$; $\text{X} = \text{Se}, \text{S}$). Вещества данной группы представляют собой сильно анизотропные проводники, состоящие из проводящих цепочек, слабо связанных Ван-дер-Ваальсовским взаимодействием [1].

Используя высокое давление в качестве инструмента, позволяющего уменьшать расстояние между цепочками, что эквивалентно изменению эффективной размерности электронной системы, нам удалось ранее [2] наблюдать при приложении квазигидростатического давления 5.6 ГПа изменение режима проводимости соединения NbS_3 от диэлектрического к металлическому с изменением знака температурного коэффициента сопротивления.

В данной работе представлены экспериментальные результаты систематического исследования в расширенном диапазоне температур вольтамперных характеристик $(I)\text{NbS}_3$ в области металлической проводимости, существующей под давлением свыше 6 ГПа. Следует отметить существование нескольких кристаллических модификаций NbS_3 , отличающихся по величине проводимости при комнатной температуре [3]. Исследования, о которых идет речь в настоящей работе, выполнены на кристаллах NbS_3 наиболее высокоомной модификации (I), имеющей сопротивление при комнатной температуре 80 Ом·см.

Исследовавшиеся образцы представляли собой нитевидные кристаллы с поперечными размерами 10–100 мкм и длиной около 5 мм. Для создания высо-

ких давлений использовалась камера с эффективной поддержкой ячейки высокого давления, разработанная в ИФВД РАН [4], позволяющая получать квазигидростатические давления в интервале P от 2 до 8 ГПа в объеме, используя в качестве среды, передающей давление, пиропилит. В камеру высокого давления вводились четыре электропровода, выполненные из медной проволоки диаметром 0.12 мм, которые уверенно работали во всем интервале давлений. Измеряемая часть образца в этой конструкции не превышала примерно 0.5 мм, что обеспечивало достаточную однородность давления. Измерения температурных зависимостей ВАХ проводились четырехконтактным методом в режиме развертки по току на установке с “холодным” мультипликатором, описанной в работе [5], как при охлаждении так и на естественном отогреве помещенной в криостат камеры, предварительно охлажденной до рабочей температуры путем откачки паров He. В ходе измерений производился учет температурного дрейфа, и измеренные ВАХ приводились к фиксированной температуре путем математической обработки.

На рис.1 представлена зависимость дифференциального сопротивления NbS_3 от температуры и приложенного напряжения и зависимость определяемого сопротивления от приложенной к образцу мощности, из параллельности прямолинейных участков кривых на которой следует, что можно попытаться учесть разогрев и восстановить “фон”, на котором разыгрывается четко очерченный участок в виде холма. Результат отделения фона представлен на рис.2.

При температурах ниже 4 К возникает дополнительная структура в виде резкого падения сопротив-

¹⁾ e-mail: dizhur@hppi.troitsk.ru

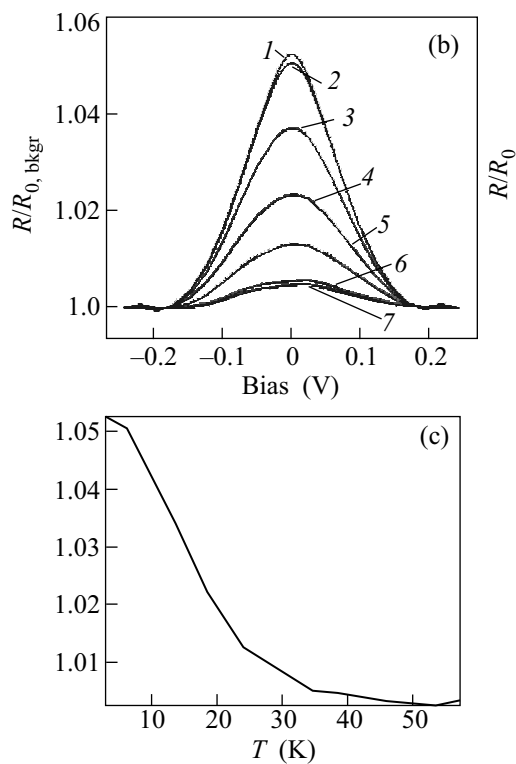
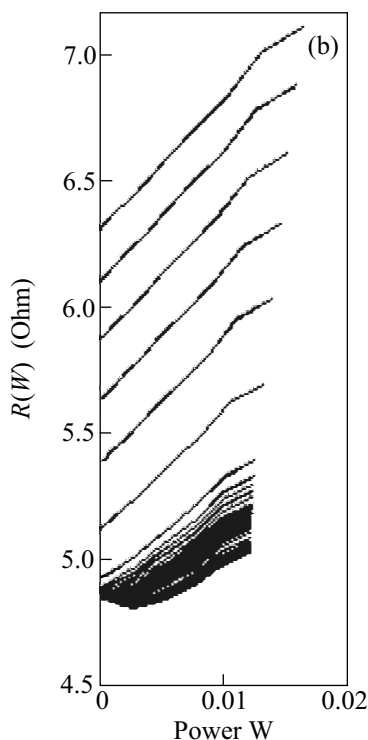
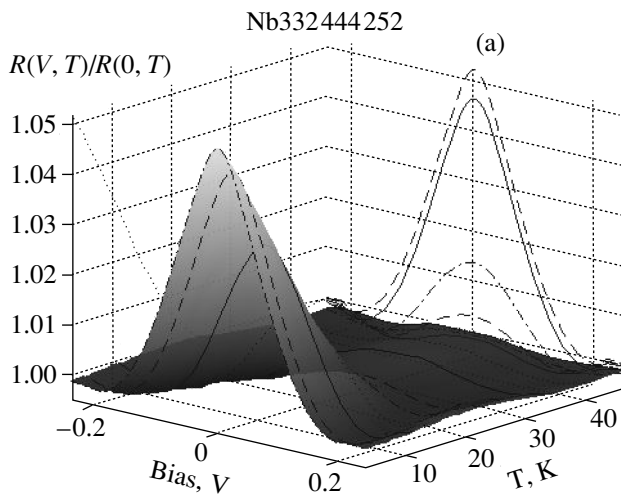
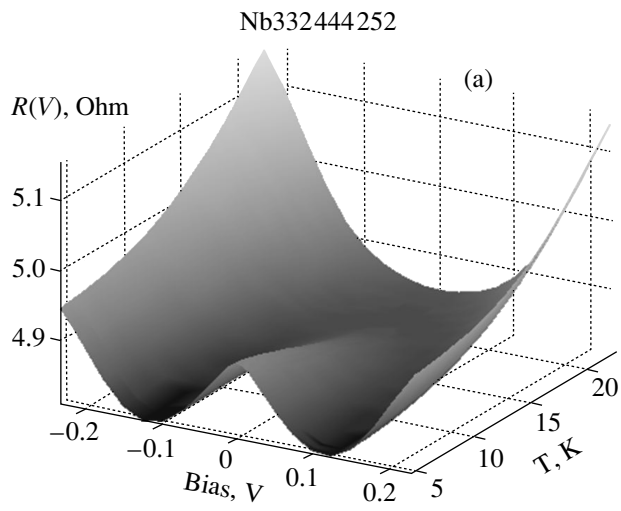


Рис.1. Зависимость дифференциального сопротивления NbS_3 от температуры и приложенного напряжения при $P = 6.5$ ГПа. Внизу показана зависимость сопротивления от приложенной мощности

Рис.2. (а) Зависимость дифференциального сопротивления NbS_3 от температуры и приложенного напряжения после отделения “фона”; (б) Зависимость относительной величины дифференциального сопротивления от напряжения при температурах 1 – 3.05, 2 – 5.96, 3 – 12.27, 4 – 18.06, 5 – 23.79, 6 – 34.41, 7 – 40.96 К и (с) зависимость сопротивления при $V = 0$ от температуры. Давление 6.5 ГПа

ления в узкой области напряжений (рис.3), соответствующим полям до ≤ 0.3 В/см.

В целом эволюция температурных зависимостей образцов NbS_3 под давлением свидетельствует в пользу сделанного предположения о возрастании под давлением вклада межцепочечных перескоков в случае NbS_3 , приводящего к уменьшению эффектов одномерности и возникновению электронной проводимости

металлического характера. Отметим, что возникновение нелинейной проводимости в слабых электрических полях в металлической фазе наблюдалось ранее при уменьшении поперечных размеров квази-

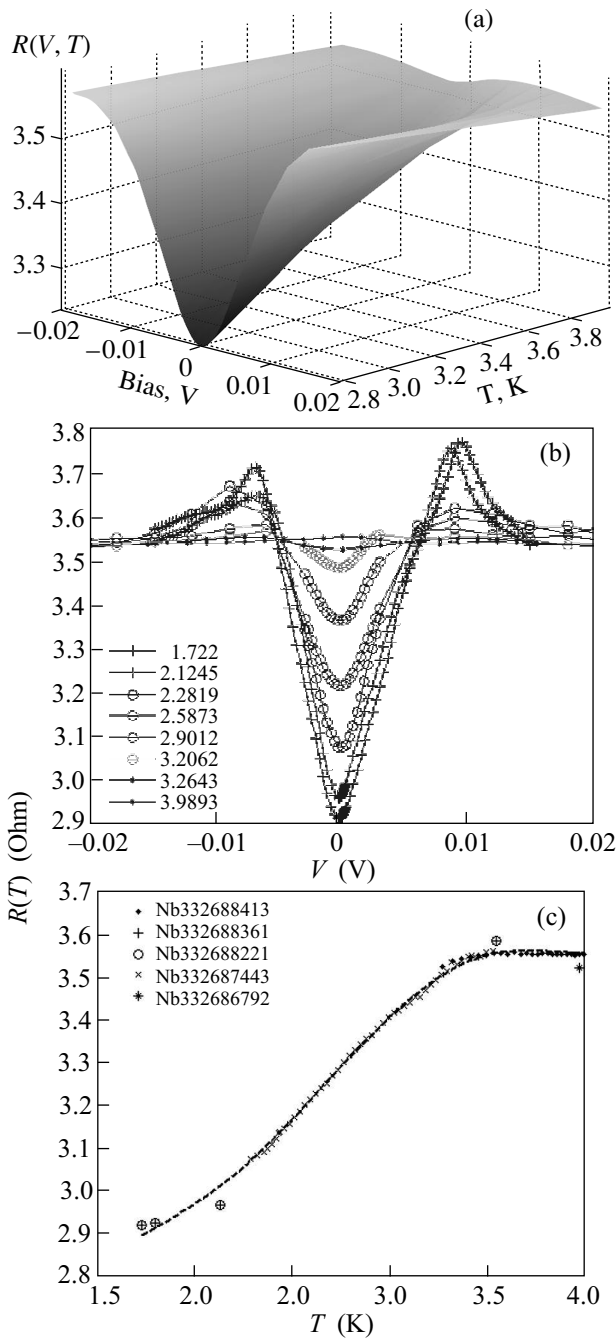


Рис.3. (а) Структура, возникающая в слабых полях; (b) полевая зависимость при различных температурах; (c) температурная зависимость сопротивления при $V = 0$ для различных образцов. $P = 7.0$ ГПа

одномерного проводника $NbSe_3$ и связывалось с проявлением эффектов одномерности [6]. Детальный анализ возможных причин возникновения нелинейности был проведен в работе [7], однако предпочтения ни одному из обсуждавшихся механизмов отдало не было. Возникновение схожего поведения в объемных образцах, обнаруженное в настоящей работе, свидетельствует в пользу механизмов, связанных с перескоками между цепочками, в том числе механизма стабилизации жидкости Латтинджера примесями [8].

Появляющийся при низких температурах узкий провал дифференциального сопротивления можно приписать переходу части объема образца в сверхпроводящее состояние при температуре ~ 3 К.

Работа поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований и Программой Президиума РАН. Частично работа была выполнена в рамках Ассоциированной европейской лаборатории С.Н.Р.С.-РАН "Physical properties of coherent electronic states in condensed matter" между Институтом Нееля и ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН.

1. P. Monceau, *Electronic Properties of Quasi-One-Dimensional Materials*, Reidel, Dordrecht, 1985, Part II, p. 139; G. Grüner, *Rev. Mod. Phys.* **60**, 1129 (1988).
2. Е. М. Дижур, М. А. Ильина, С. В. Зайцев-Зотов, *Письма в ЖЭТФ* **86**, 141 (2007).
3. Z. Z. Wang, P. Monceau, H. Salva et al., *Phys. Rev. B* **40**, 11589 (1989).
4. Л. Ф. Верещагин, А. П. Новиков, Л. Г. Хвостанцев, *Авт. свид.* 374919.
5. Л. Ф. Верещагин, М. А. Ильина, Е. С. Ицкевич, *ПТЭ*, 219 (1969).
6. С. В. Зайцев-Зотов, В. Я. Покровский, П. Монсо, *Письма в ЖЭТФ* **73**, 29 (2001).
7. E. Slot, M. A. Holst, H. S. J. van der Zant, and S. V. Zaitsev-Zotov, *Phys. Rev. Letters* **93**, 176602 (2004).
8. S. N. Artemenko, *Письма в ЖЭТФ* **79**, 335 (2004).