

аномальные пики лучше разрешены и более интенсивны, чем при положительных θ_i . Обнаружено, что угловые положения аномальных пиков не зависят от θ_i .

Полученные результаты, помимо самого факта наблюдения аномальных пиков при сверхмаломугловом рентгеновском рассеянии, могут представить интерес и в прикладном смысле. Так, пользуясь математическим аппаратом работы [4] или работы [5] (в зависимости от механизма образования наблюдаемых пиков, который предстоит выяснить), можно определять различные параметры поверхностей как подложки, так и пленки.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Y o n e d a Y. // Phys. Rev. 1963. V. 131. P. 2010.
- [2] W a r r e n B.F., C l a r k e J.S. // J. Appl. Phys. 1965. V. 36. P. 324.
- [3] А н д р е е в а М.А., Б о р и с о в а С.Ф., С т е п а н о в С.А. // Поверхность. 1985. № 4. С. 5-26.
- [4] Г о р о д н и ч е в Е.Е., Д у д а р е в С.Л., Р о г о з к и н Д.Б., Р я з а н о в М.И. // Письма в ЖЭТФ. 1988. Т. 48. В. 3. С. 137-139.
- [5] В и н о г р а д о в А.В., З о р е в Н.Н., К о ж е в н и к о в И.В., С а г и т о в С.И., Т у р ь я н с к и й А.Г. // ЖЭТФ. 1988. Т. 94. В. 8. С. 203-216.

Поступило в Редакцию
6 апреля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 16

26 августа 1990 г.

05.2

© 1990

К ВОПРОСУ О СВЕРХВЫСОКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ПОЛИПРОПИЛЕНА

А.Н. И о н о в, В.М. Т у ч к е в и ч

Экспериментально показано, что в образовании высокопроводящих каналов в тонких пленках полипропилена, находящегося в высокоэластическом состоянии, принимает участие материал электродов.

В последнее время в ряде работ [1-5] исследовался эффект аномально высокой локальной проводимости в тонких пленках атактического полипропилена (ПП), находящихся в высокоэластическом состоянии и предварительно подвергнутых обработке (окислению

и облучению ультрафиолетом). В работе [3] отмечалось, что этот эффект не зависит от материала электродов и связан исключительно с ПП. Авторы работ [1-3] предложили модель явления, по которой в тонких пленках ПП образуются сверхпроводящие каналы, обеспечивающие проводимость. При этом все регистрируемое в экспериментах сопротивление связывается с сопротивлением растекания в электродах. Как было показано в работе [5], в образцах типа „сэндвич“ с оловянными электродами при охлаждении до температуры ниже T_K олова сопротивление системы падало до приборного нуля. Такое поведение может быть объяснено образованием перемычки из материала электродов, т.е. олова, закорачивающей электроды. Ранее в работе [4] отмечалось влияние материала электродов на проводимость исследованных структур с пленкой из ПП, однако характер этого влияния выяснен не был.

Некоторую ясность о характере такого влияния могут внести исследования поведения сопротивления образцов с оловянными электродами во внешнем магнитном поле, поскольку при образовании перемычки между электродами проводимость образцов должна зависеть как от материала перемычки, так и от ее радиуса r , если рассматривать ее (для простоты) в форме длинного цилиндра. Согласно [6], критическое магнитное поле H_K длинного сверхпроводящего цилиндра радиусом r , находящегося в магнитном поле, параллельном его оси, равно

$$H_K = H_K^0 \left(1 + \frac{\lambda}{r}\right) \quad (1)$$

при условии, что r несильно отличается от λ (здесь λ - глубина проникновения магнитного поля, а H_K^0 - критическое поле массивного образца). Для Sn $\lambda = 5.1 \cdot 10^{-6}$ см и $H_K^0 = 310$ Э при $T=0$.

Конструкция исследованной системы Me-ПП-Me, где в качестве материала электродов использовалось олово, была аналогична приведенной в работе [5]. Проводимость возникла только при температуре выше температуры стеклования ПП при сравнительно небольшом одноосном сжатии, причем полностью не исключался и небольшой сдвиг электродов относительно ПП и друг друга. Прикладываемые напряжения не превышали 1 В, так что при толщине ПП $1=10^{-3}$ см напряженность электрического поля E не превышала 1000 В/см. Магнитное поле прикладывалось параллельно направлению тока.

На рис. 1 (кривые а и б) приведены зависимости критического магнитного поля от температуры для двух структур. В первой структуре (кривая а) сопротивления при $T=300$ К и $T=4.2$ К составляли 0.3 и 0.1 Ом соответственно. При этом в проводящем состоянии ток, ограниченный нагрузочным сопротивлением, не превышал 10 мА. Вторая зависимость H_K от T (кривая б) принадлежит структуре, в которой при $T=77$ К до измерений в магнитном поле пропускался кратковременно (несколько десятков с) ток до 10 А. После такой операции сопротивления при 300 и 4.2 К

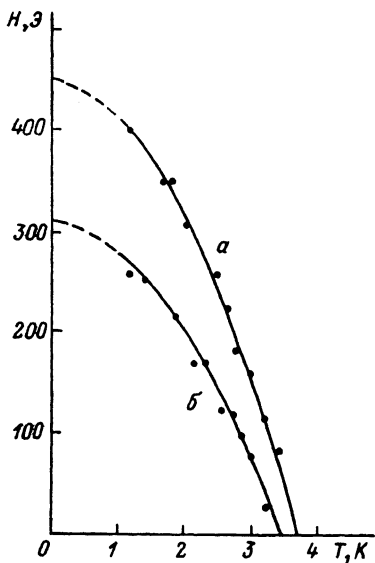


Рис. 1. Экспериментальные зависимости критического магнитного поля от температуры для структур Sn-ПП-Sn: а - структура № 1, б - структура № 2.

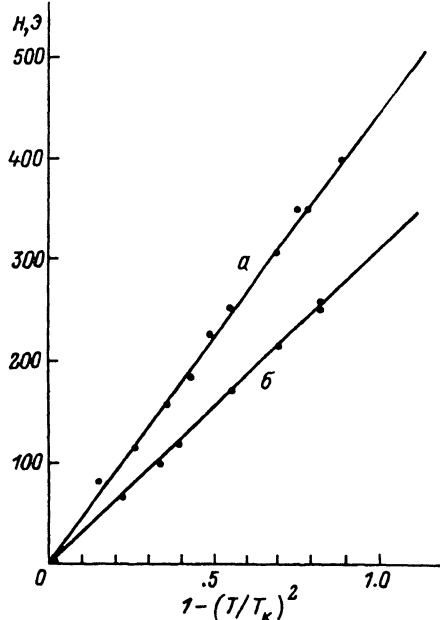


Рис. 2. Зависимости критического магнитного поля от $1 - (T/T_K)^2$ для двух структур Sn-ПП-Sn. T_K ; К: 3.72 К (а) и 3.55 К (б).

уменьшились до $2.3 \cdot 10^{-3}$ и $1.5 \cdot 10^{-5}$ Ом соответственно. Анализ этих зависимостей показал, что в обоих случаях H_K подчиняется зависимости

$$H_K = H_K^0 \left[1 - \left(\frac{T}{T_K} \right)^2 \right], \quad (2)$$

характерной для классических сверхпроводников, но с разными значениями H_K^0 и T_K (рис. 2, а, б). В первом случае (а) $T_K = 3.72$ К, что согласуется с общепринятым значением для олова. В то же время $H_K^0 = 450$ Э, что почти в 1.5 раза превышает справочное значение для массивного проводника из олова.

Возрастание H_K можно объяснить образованием тонкой по диаметру оловянной перемычки, когда глубина проникновения магнитного поля сравнима с диаметром канала. Отсюда, согласно (1), следует, что радиус перемычки цилиндрической формы должен быть $r = 1.1 \cdot 10^{-5}$ см. При длине оловянной перемычки $l = 10^{-3}$ см (толщина изолирующей прокладки и ПП слоев) следует ожидать при $T = 300$ К $R = 0.3 \cdot 10^2$ Ом. Однако это значение на два порядка

превышает экспериментальное, что может быть связано с более сложной формой перемычки, зависящей к тому же от T .

Для второй структуры также выполняется (2), причем $T_K = 3.55$ К и $N_K = 310$ Э. Значение для N_K в этом случае не отличается от массивного проводника. В этом случае, согласно (1), $\eta \gg \lambda$. Здесь также следует отметить, что после растворения ПП в гептане на одном из электродов наблюдается кратер, что свидетельствует об электропереносе материала электрода.

Для изучения процесса образования проводящего канала в ПП были сконструированы образцы, в которых внутрь толстого слоя ПП (1 мм), нанесенного на стекло, были введены два игольчатых электрода, расположенные соосно навстречу острым концам. Один из электродов мог контролируемо перемещаться с точностью до 1 микрона, что позволяло изменять расстояние между ними от нуля до нескольких миллиметров. Как показали наблюдения через микроскоп, возникновение проводимости (ток не более 10 мА) сопровождается появлением электрического дугового разряда, когда между электродами расположена объемная, оптически прозрачная неоднородность, находящаяся в более эластическом состоянии по сравнению с окружающим ПП. В этом случае может происходить распыление материала электродов и разложение ПП. Понижение T_K до 3.55 К, как сказано выше, можно, по-видимому, объяснить тем, что проводимость канала состоит из смеси олова и продуктов разложения ПП.

Приведенные эксперименты указывают на существенную роль материала контактов в эффекте возникновения проводимости ПП.

В заключение авторы выражают благодарность А.М. Ельшевичу за обсуждение.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Григоров Л.Н., Смирнова С.Г. Деп. ВИНТИ 23.03.88, № 2381-B88.
- [2] Ениколопян Н.С., Григоров Л.Н., Смирнова С.Г. // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 49. № 6. С. 326.
- [3] Смирнова С.Г., Шклярова Е.И., Григоров Л.Н. // Высокомолекулярн. соедин. Б. 1989. Т. 31. С. 667.
- [4] Архангородский В.М., Гук Е.П., Ельшевич А.М. и др. // Докл. АН СССР. 1989. Т. 309. № 3. С. 634.
- [5] Архангородский В.М., Ионов А.Н., Тучкевич В.М., Шлимак И.С. // Письма в ЖЭТФ. 1990. Т. 51. № 1. С. 56.
- [6] De Gennes P.G. Superconductivity of Metals and Alloys, New York, 1966 /Перевод Де Жен П. Сверхпроводимость металлов и сплавов. М.: Мир, 1968.