

# ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

## Брятые сообщения

Том (Б) 32

1990

№ 8

### ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

УДК 541.64:537.3

© 1990 г. О. В. Демичева, С. Г. Смирнова, Л. Н. Григоров

#### ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ИСТИННОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ КАНАЛОВ В ОКИСЛЕННОМ ПОЛИПРОПИЛЕНЕ

В работах [1, 2] было показано, что в окисленном атактическом полипропилене возникают локальные каналы, свойства которых характерны для сверхпроводников: 1) неизмеримо мало их сопротивление при  $T \sim 300$  К, 2) образцы выталкиваются из магнитного поля. Возможность сверхпроводимости каналов подтверждается измерениями критического тока [3, 4], а также оценками нижней границы проводимости —  $\sigma > 10^{11}$  (Ом·см) $^{-1}$  [5] и  $\sigma > 10^{21}$  (Ом·см) $^{-1}$  [4]. В то же время показана принципиальная невозможность наблюдения эффекта Мейснера [4], поскольку экспериментальная оценка критической температуры  $T_c > 700$  К превышает температуру разложения ПП. Поэтому результаты [1–5] можно объяснить не только сверхпроводимостью каналов, но и нормальным типом проводимости со сверхвысокой  $\sigma$  [5].

Это заставляет искать какой-то иной критерий, столь же надежно отличающий сверхпроводимость, как и эффект Мейснера. Таким критерием является закон Видемана – Франца, согласно которому для любого механизма высокой проводимости нормального типа существует связь между тепловым  $r_t$  и электрическим  $R_e$  сопротивлениями проводника [6]

$$r_t \leq \frac{3}{T} \left( \frac{e}{\pi k_B} \right)^2 R_e \approx R_e \cdot 10^5 \text{ К/Вт·Ом при } T \sim 300 \text{ К}, \quad (1)$$

где  $e$  — заряд электрона,  $k_B$  — постоянная Больцмана. Из выражения (1) и экспериментальных оценок  $R_e < 10^{-6}$  Ом [4, 5] следует, что при нормальном типе проводимости тепловое сопротивление канала не может превышать 0,1 К/Вт. В то же время для любого истинного сверхпроводника, носители тока в котором в принципе не способны обмениваться энергией с решеткой, неравенство (1) должно резко нарушаться как по величине, так и по знаку, поскольку при нулевом  $R_e$  величина  $r_t$  в сверхпроводнике стремится к  $\infty$ .

Величину  $r_t$  измеряли на пленках ПП, приготовленных по методике [1, 2], дифференциальным методом, схема которого приведена на рисунке. При установке подогреваемого микрозонда на образец температура кончика диаметром  $D = 10$  мкм снижается тем сильнее, чем меньше тепловое сопротивление образца в анализируемой точке. Из сравнения температур  $T_1$  и  $T_2$ , измеряемых с точностью  $\pm 0,015$  К в диэлектрической и высокопроводящих точках ПП соответственно, по формуле (2) можно найти собст-

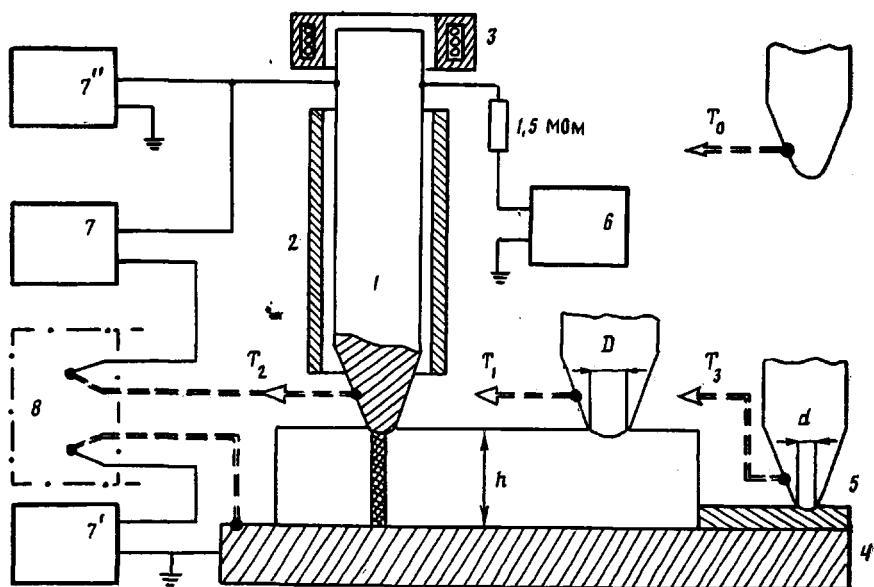


Схема дифференциального метода измерения теплового сопротивления электропроводного канала (показан двойной штриховкой) в слое ПП путем термопарного измерения четырех температур кончика микрозонда при его различных положениях. Спай термопар медь – константан показаны черными точками, константанные провода – двойной штриховой линией. 1 – медный микрозонд, 2 – его теплоизоляция, 3 – подогреватель, 4 – медная подложка, 5 – слой индия на той же подложке рядом с ПП, 6 – источник напряжения 12 В, 7 – микровольтметры, 8 – термостат холодных спаев термопар. Значения температур в таблице определяются по разности показаний приборов 7 и 7''. Прибор 7'' индицирует попадание зонда на проводящий канал в слое ПП

венное тепловое сопротивление проводящего канала  $r_t$

$$r_t \geq \frac{h}{\pi D \left( h + \frac{D}{2} \right) \lambda} \left( \frac{T_0 - T_3}{T_0 - T_1} \right) \left[ \frac{T_2 \left( 1 - \frac{T_3}{T_0} \right) - T_3 \left( 1 - \frac{T_2}{T_0} \right) \frac{d}{D}}{T_1 - T_2} \right], \quad (2)$$

где  $h = 20-30$  мкм – толщина слоя полимера,  $\lambda = 2 \cdot 10^{-3}$  Вт/см·К – его теплопроводность. Дополнительные измерения  $T_0$ , неприжатого зонда, а также  $T_3$  при вдавливании кончика зонда в слой мягкого индия (диаметр контакта  $d = 3$  мкм) позволяют исключить из выражения (2) тепловые параметры зонда, изменяющиеся при каждой его замене в ходе большого числа измерений. Ток  $\approx 8$  мА, протекающий по электропроводному каналу в ходе измерения  $T_2$ , не влияет на эту температуру ввиду малой мощности  $\leq 10^{-10}$  Вт, выделяющейся на контакте зонда с образцом.

Из представленных в таблице результатов большого числа измерений, проведенных на различных образцах с помощью разных зондов, видно, что за исключением величины  $T_1 - T_2$  все остальные сомножители в формуле (2) заметно превышают погрешность измерений температуры. В то же время  $T_1 - T_2$  от измерения к измерению флюкутирует около нуля на величину, близкую к погрешности. Это означает, что в пределах точности эксперимента не обнаружено различий в теплопроводности диэлектрических и высокопроводящих точек окисленного ПП, т. е. собственное тепловое сопротивление электропроводных каналов близко к бесконечности. Из таблицы следует, что отклонение экспериментальных значений  $r_t$  от величины  $0,1$  К/Вт, которая согласно выражению (1) является максимально

**Типичные результаты измерения температуры кончика микрозонда  
(относительно подложки с  $T=293$  К) для пар близко расположенных участков  
слоя ПП – диэлектрических ( $T_1$ ) и высокопроводящих ( $T_2$ )**

Образец, №	Зонд, №	Температура кончика микрозонда (К)				$r_T$ * канала, К/Вт
		$T_0$	$T_1$	$T_1 - T_2$	$T_3$	
1	1	57,753	56,432	-0,034	49,365	$\infty$
	1	57,732	56,465	0,031	49,302	$\geq 5,2 \cdot 10^6$
2	2	50,711	50,017	0,016	44,367	$\geq 5,54 \cdot 10^6$
	2	50,715	49,902	-0,083	44,361	$\infty$
3	2	48,032	47,267	0,029	42,816	$\geq 3,32 \cdot 10^6$

\* Рассчитана по формуле (2).

возможной для каналов с нормальным типом проводимости, составляет более 7 порядков.

Столь сильное нарушение закона Видемана – Франца, хорошо выполняющегося для всех проводников с фермиевским типом распределения электронного газа, однозначно доказывает, что при  $T \approx 300$  К подавляющая часть носителей тока в каналах ПП находится в сверхпроводящем состоянии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григоров Л. Н., Смирнова С. Г. М., 1988. 45 с.–Деп. в ВИНТИ 23.03.88, № 2381-В 88.
2. Ениколоян Н. С., Григоров Л. Н., Смирнова С. Г. // Письма в ЖЭТФ. 1989. Т. 49, № 6. С. 326.
3. Демичева О. В., Рогачев Д. Н., Андреев В. М., Шклярова Е. И., Смирнова С. Г., Григоров Л. Н. // Высокомолек. соед. Б. 1990. Т. 32. № 1. С. 4.
4. Демичева О. В., Рогачев Д. Н., Смирнова С. Г., Шклярова Е. И., Яблоков М. Ю., Андреев В. М., Григоров Л. Н. // Письма в ЖЭТФ. 1990. Т. 51. № 4. С. 228.
5. Архангельский В. М., Ионов А. Н., Тучкович В. М., Шлимак И. С. // Письма в ЖЭТФ. 1990. Т. 51. № 1. С. 56.
6. Полежаев Ю. В. // Физич. энциклопедия. Т. 5/Под ред. Введенского Б. А. М., 1966, С. 152.

Институт синтетических полимерных  
материалов АН СССР

Поступило в редакцию  
09.04.90