

## ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

**Я. М. Паушкин, Б. М. Вул, Э. И. Заваричная,  
О. И. Яцко, Ю. Я. Марков, С. А. Низова, А. Ф. Лунин**

В последнее время интерес к органическим полупроводникам сильно возрос в связи с возможностью обнаружения в них сверхпроводимости нового типа [1, 2]. В связи с этим нами было предпринято исследование электропроводности ряда полимеров — полупроводников в интервале температур от 4,2 до 290° К. Для проведения измерений образцы полимеров

прессовали в виде таблеток при повышенной температуре (до 400° К) под удельным давлением 1500 кГ/см<sup>2</sup>, а у трудно прессуемых полимеров измерения проводили на порошках под давлением 70 кГ/см<sup>2</sup> (удельное давление между электродами). Характе-

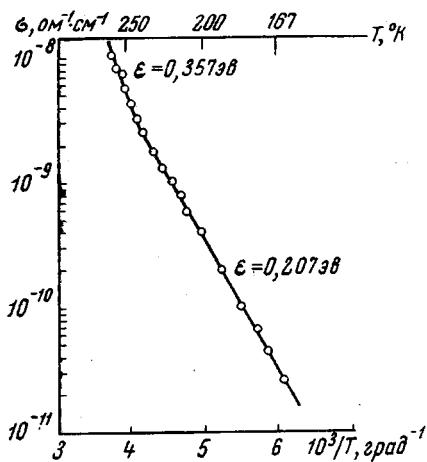


Рис. 1. Зависимость  $\lg \sigma = f(1/T)$  образца 3

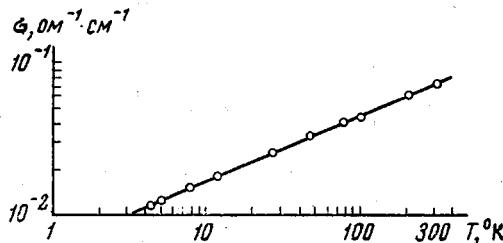


Рис. 2. Зависимость  $\sigma = f(T)$  образца 7

ристики исследованных образцов приведены в таблице. Как видно из таблицы, образцы 1—5 с электропроводностью при 290° К, равной  $\sigma_{290} \leq 10^{-5} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ , уже при температуре жидкого азота становятся практически изоляторами. Электропроводность образцов 7—9 слабо зависит от температуры вплоть до температуры жидкого гелия. Образец 6 обнаружил свойства, промежуточные между этими двумя группами образцов. Электропроводность образца 6 изменяется на семь порядков от комнатной до гелиевой температуры, что может представлять интерес для создания термометра высокой чувствительности в этой области температур. При сравнении образцов 7—9 видно, что введение в цепь полимера атомов фосфора и азота ухудшает электропроводность.

Более подробно температурная зависимость  $\sigma$  для некоторых исследованных образцов приведена на рис. 1, 2, 3. Измерения в области промежуточных температур от 4,2 до 77° К и от 77 до 290° К были проведены по методике, описанной в работе [3].

Зависимость  $\lg \sigma = f(1/T)$  для образца 3 с низкой электропроводностью приведена на рис. 1. Как видно из рис. 1, при этом  $\lg \sigma = \text{const} / T$ .

Из экспоненциальной зависимости  $\sigma \sim \exp\left(-\frac{\varepsilon_A}{kT}\right)$ , имеющей излом, для образца 3 определяются две энергии активации  $\varepsilon_1 = 0,357 \text{ эв}$  и  $\varepsilon_2 = 0,207 \text{ эв}$ .

На рис. 2 приведена температурная зависимость  $\sigma$  в логарифмической системе координат для образца 7 с довольно высокой электропроводностью

## Электропроводность полимеров

Образец	Полимер	Структурная формула	Вид образца	$\sigma, \text{ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$		
				290° K	77° K	4,2° K
1	Растворимый на основе триброманилина		Таблетка	$2,9 \cdot 10^{-8}$	$<10^{-12}$	$\leqslant 10^{-12}$
2	Нерастворимый на основе триброманилина		То же	$1,6 \cdot 10^{-6}$	$<10^{-12}$	$\leqslant 10^{-12}$
3	Полипропионитрил		»	$1 \cdot 10^{-8}$	$<10^{-12}$	$\leqslant 10^{-12}$
4	Полисукционитрил		Порошок	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-10}$	$\leqslant 10^{-12}$
5	Полиацетонитрил		Таблетка	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-12}$	$\leqslant 10^{-12}$
6	Полициановая кислота		То же	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-10}$
7	Сополимер ацетиленнитрила с ацетиленом		Порошок	$6,95 \cdot 10^{-2}$	$3,45 \cdot 10^{-2}$	$1,14 \cdot 10^{-2}$
8	Сополимер дигромацетилена с ацетиленом		То же	5,35	7,95	3,1
9	Сополимер дигромацетилена с ацетиленом и фосфорнитрилхлоридом		»	2,28	2,52	—
10	То же	То же	Таблетка*	$3,0 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$1,3 \cdot 10^{-9}$

\* Измерения проводились с припаянными контактами, цифры показывают значение электропроводности.

во всей области исследованных температур. Как видно из рис. 2, электропроводность образца 7 монотонно уменьшается с понижением температуры, приблизительно пропорционально корню квадратному из температуры. В координатах  $\lg \sigma = f(1/T)$  электропроводность образца 7 описывается прямой линией с двумя изломами, определяющими три энергии

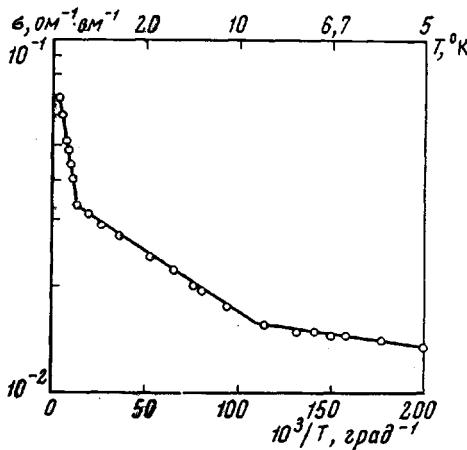


Рис. 3. Зависимость  $\lg \sigma = f(1/T)$  образца 7

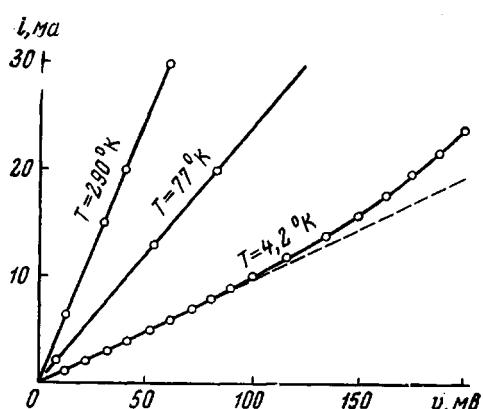


Рис. 4. Зависимость  $i = f(V)$  образца 7

активации; величина их тем меньше, чем ниже температура, при которой она выявляется (рис. 3).

На рис. 4 показана зависимость тока от напряжения при 290, 77 и 4,2° К для образца 7. Как видно из рис. 4, электропроводность образца 7 при низких температурах зависит от напряженности поля и увеличивается при его возрастании.

Природа обнаруженных явлений пока остается неясной.

### Выводы

1. У ряда полимеров полупроводников исследованы электрофизические свойства при низких температурах в области 4,2, 77 и 290° К.
2. У большинства исследованных полимеров наблюдается резкое снижение электропроводности, и при 160—70° К их электропроводность приближается к значению таковой у изоляторов.
3. Некоторые образцы полимеров вплоть до температуры жидкого гелия (4,2° К) показали сравнительно высокую электропроводность.
4. У двух полученных сополимеров с понижением температуры до 77° К электропроводность увеличивается, а не понижается, как это имеет место у остальных выбранных полупроводников.

Институт нефтехимической  
и газовой промышленности  
им. И. М. Губкина

Поступила в редакцию  
15 VII 1966

### ЛИТЕРАТУРА

1. W. A. Little, Scient. Amer., 212, 21, 1965; У. Литтл, Успехи физ. наук, 86, 315, 1965.
2. А. В. Келдыш, Успехи физ. наук, 86, 327, 1965.
3. Н. В. Заварзкий, Приборы и техника эксперимента, 1956, № 2.