

PHYSICAL SCIENCES

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON THERMAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF POLYMER SEMICONDUCTOR POLYHYDROCHYNONE

Khalilov S.

Candidate of Physical and Mathematical Science, Associate Professor of the Department of Engineering Physics and Electronics, Azerbaijan Technical University, Baku.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ТЕПЛОВЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОГО ПОЛУПРОВОДНИКА ПОЛИГИДРОХИНОНА

Халилов С.Х.

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Инженерная физика и электроника» Азербайджанского Технического Университета, Баку.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.11640145>

Abstract

The study showed that a higher heat treatment temperature provides a more dense packing of macromolecules, changing the intermolecular distances and contact conditions between molecules. This leads to an increase in the effective conjugation length, due to the improvement in the heat treatment process of conditions for the coplanarity of macromolecules.

Аннотация

Исследование показало что более высокая температура термообработки полимерного полупроводника полигидрохинона, обеспечивает более плотную упаковку макромолекул, изменяет межмолекулярные расстояния и условия контакта между молекулами. Это приводит к увеличению длины эффективного сопряжения, благодаря улучшению при процессе термообработки условий для осуществления компланарности макромолекул.

Keywords: Electrical conductivity, thermal conductivity, heat treatment, coplanarity

Ключевые слова: Электропроводность, теплопроводность, термообработка, компланарность.

Введение.

Еще 2018 году ученые из Арагонский национальной лаборатории предложили, что потенциальными кандидатами на роль теплопроводящих полимеров могут стать макромолекулы с сопряженными связями в главной цепи. Система сопряжения связей в полимерах возникает либо за счет чередования двойных и одинарных связей, либо за счет чередования соединенных одинарными связями ароматических фрагментов, либо за счет сочетания этих случаев [1]

Существующие литературные данные [2,3,4] показывают, что в полимерных полупроводниках области поляропроявления разделены менее структурированными прослойками и эти прослойки можно рассматривать как потенциальные барьеры для дрейфа носителей тока, высота которых определяет энергию активации проводимости постоянном токе.

С целью выяснения связи между электропроводностью с теплопроводностью, а также влияния термообработки на высоту потенциального барьера, который существует в объеме полимерного полупроводника полигидрохинона, была исследована

температурная зависимость удельной электропроводности σ и коэффициента теплопроводности λ .

Измерение теплопроводности и электропроводности проводилась на прессованных образцах, приготовленных в виде таблеток. Для уменьшения доли общего теплового потока, идущего на излучение, применялись плоские образцы сечения $0,3 \div 0,4 \text{ см}^2$ и высотой $0,1 \div 0,2 \text{ см}$. Принятые меры позволили обеспечить измерение абсолютной величины λ в интервале $80 \div 420^\circ\text{K}$ с точностью не менее $\sim 5\%$. Температура размягчения полигидрохинона $T > 430^\circ\text{K}$. Методика измерения описана в работе [5]. Исс

На рис. 1 и 2 представлены температурные зависимости удельной электропроводности σ и коэффициенты теплопроводности λ и полимерного полупроводника полигидрохинона. Результаты измерения зависимости $\sigma(T)$ и $\lambda(T)$ воспроизводимы для каждой температуры термообработки. Из рис. 1 видно, что каждое повышение температуры термообработки приводит к увеличению электропроводности, следовательно уменьшается энергия активации (ΔE), определяемой по наклону прямой $\sigma(T)$ высокотемпературной области, которая характеризует потенциальный барьер в полигидрохиноне.

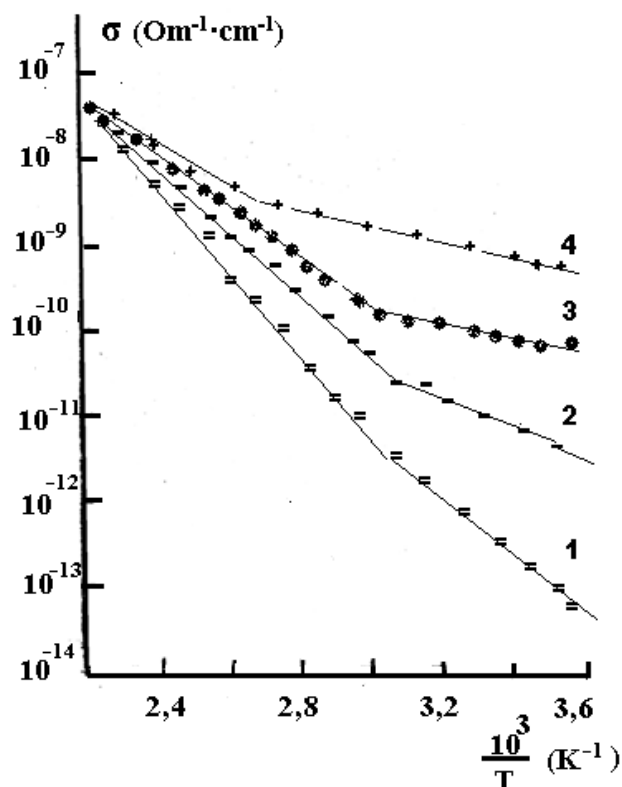


Рис.1. Температурные зависимости удельной электропроводности при разных температурах термообработки.

$T = 373^{\circ}\text{K}$ 2. $T = 383^{\circ}\text{K}$ 3. $T = 393^{\circ}\text{K}$ 4. $T = 413^{\circ}\text{K}$

Повышение температуры термообработки незначительно увеличивает величину теплопроводности (рис.2.)

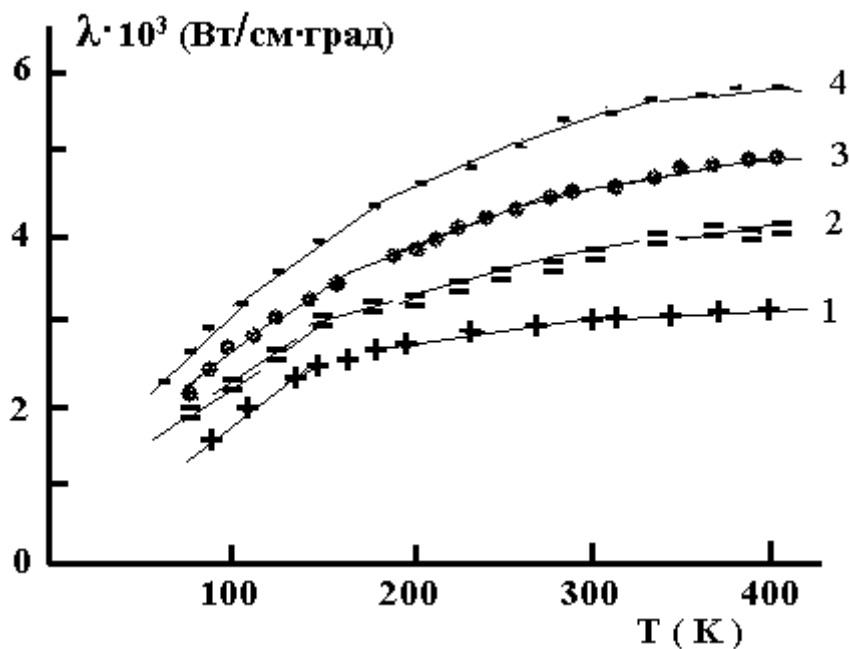


Рис.2. Температурные зависимости удельной теплопроводности при разных температурах термообработки.

1. $T = 373^{\circ}\text{K}$ 2. $T = 383^{\circ}\text{K}$ 3. $T = 393^{\circ}\text{K}$ 4. $T = 413^{\circ}\text{K}$

В таблице приведены значения σ , λ и ΔE при температуре 293°K для каждой температуры термообработки.

Температура термообработки Т (К)	σ Ом ⁻¹ см ⁻¹	λ Вт/Ом.град.	ΔE eV.
373	$1 \cdot 10^{-14}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	1,3
383	$1,2 \cdot 10^{-13}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	1,1
396	$9 \cdot 10^{-13}$	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,96
413	$8 \cdot 10^{-12}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	0,82

Как видно, значение λ достаточно низко, поэтому электронная теплопроводность рассчитанная на соотношений Видемана-Франца, а также за счет биполярной диффузии оказывается несущественным. Низкие значения коэффициента инфракрасного поглощения, также позволяет предположить, что измеренная на опыте λ является теплопроводностью фонов во всем исследованном интервале температуры.

Вводы.

Особенности λ могут быть связаны двумя обстоятельствами. Во-первых: тем, макромолекула содержит большое число атомов порядка 1000. Во-вторых: существенным является, по-видимому, большое различие взаимодействия внутри молекул и молекулярного взаимодействия. Внутримолекулярные связи являются ковалентными. Межмолекулярное взаимодействие существенно более слабое. Взаимодействие между линейными цепями этого полимера обусловлено межмолекулярной связью радикалов ОН [6]. Непрерывный рост λ с повышением температуры связано о характером фоновонного спектра. Фононный спектр делится на две части: первая низкочастотная часть спектра, которая связана с колебаниями целой молекулы. Вторая часть спектра – это внутримолекулярные колебательные и вращательные движение отдельных атомов и групп атомов. Эти колебания возбуждаются уже при $T < 100^\circ\text{K}$ и могут участвовать в переносе

тепла. Таким образом, более высокая температура термообработки, видимо обеспечивает более плотную упаковку макромолекул, измена межмолекулярные расстояния и условия контакта между молекулами. Это приводит к увеличению длины эффективного сопряжения, благодаря улучшению при процессе термообработки условий для осуществления компланарности макромолекул.

Вышеуказанное предположение согласуется с существующей теорией о структуре и свойствах полимерных полупроводников [6].

Список литературы:

1. Yanfei Xu, Xiaoxue Wang, Jiawei Zhou, Bai Song, Zhang Jiang, Elizabeth M. Y. Lee, Samuel Huberman, Karen K. Gleason, Gang Chen. Molecular engineered conjugated polymer with high thermal conductivity, Science Advances. 2018.
2. Бах Н.А., Ванников А.В., Гришина А.Д., Нижний С.В., Усп.Химии, 35, 1733, 1965.
3. Богуславский Л.Н., Сильбанс, Докл. АН СССР, 147, 1114, 1968.
4. Халилов С.Х. Исследование центры захвата в полигидрохиноне, IV Республиканская межвузовская конференция по физике., стр.22., 1978, Баку.
5. Основы физики и химии полимеров. Изд. Высшая школа, М., 1976
6. Органические полупроводники., Изд. Наука, 1968.