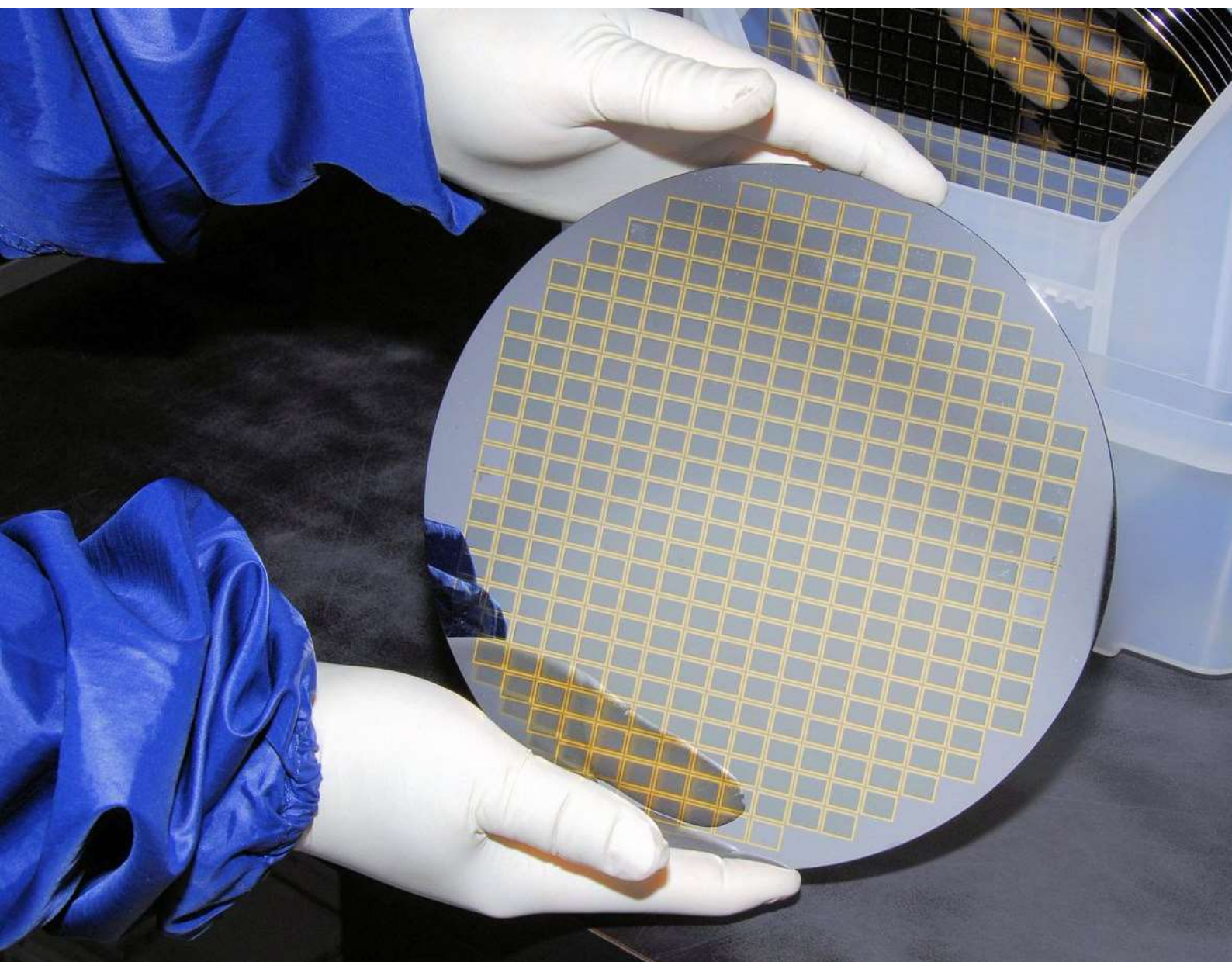


Боймуратов Фахриддин Тоғаймурадович¹

**ПРОВОДИМОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПИРОПОЛИМЕРЫ И
КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С
НАНОДИСПЕРСНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ**

**CONDUCTIVITY OF SEMICONDUCTOR PYROPOLYMERS AND
COMPOSITE POLYMER MATERIALS WITH NANODIPERSE FILLERS**

**ТЎЛДИРУВЧИСИ НАНОДИСПЕРСЛИ КОМПОЗИЦИОН ПОЛИМЕР
МАТЕРИАЛЛАР ВА ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ ПИРОПОЛИМЕРЛАРНИНГ
ЎТКАЗУВЧАНЛИГИ**



¹Доцент ALFRAGANUS UNIVERSITY Медицинского факультета кафедры Фармацевтика и химии
e-mail: fboymuratov78@gmail.com ; ORCID: 0000-0003-1703-4605

Аннотация. Выявлены закономерности зависимости обобщенной проводимости (электропроводность, теплопроводность, диэлектрическая и магнитная проницаемость) полупроводниковых пирополимеров и композиционных полимерных материалов, содержащих микро- и нано дисперсные частицы металлов.

Ключевые слова: металлические частицы, полупроводниковые пирополимеры, композиционный полимер, диэлектрик, магнитное поле, проницаемость.

Annotasiya. Tarkibida mikro- va nano metall zarrachalari bo'lgan yarimshtkazgichli piropolimerlar va kompozision polimer materiallarning (elektro'tkazuvchanligi, issiqliko'tkazuvchanligi, dielektrik va magnetik singdiruvchanligi) umumlashgan o'tkazuvchanlikka qonuniyatiga bog'liqligi aniqlandi.

Kalit so'zlar: metall zarrachalar, yarimshtkazgichli piropolimerlar, kompozitsion polimer, dielektrik, magnetik, singdiruvchanlik.

Annotation. The regularities of the dependence of the generalized conductivity (electrical conductivity, thermal conductivity, dielectric and magnetic permeability) of composite polymer materials containing micro- and nano dispersed particles of metals.

Keywords: metal particles, semiconductor pyropolymers, composite polymer, dielectric, magnetic field, permeability.

ВВЕДЕНИЕ

В этой статье мы рассматриваем, результаты исследования влияния размера частиц наполнителя на электропроводность и на диэлектрическую проницаемость металлополимерных композитов, содержащих частицы Ni, диспергированы в полимерной матрице фенилона.

Известно, что относительно низкотемпературный ($T \leq 450$ K) электроперенос в полупроводниковом ПАН осуществляется путем моттовской прыжковой проводимости с переменной длиной прыжка (Variable range hopping, VRH) [1]

$$\sigma = \sigma_0 \exp[-(T_0/T)^x], \quad (1)$$

где численное значение показателя $x - 0.25$ подтверждалось в [2-3] методом спрямления в заранее выбранных координатах $\lg \sigma - T^{-1/4}$. Однако выполненный нами работ, анализ показывает, что с не меньшей точностью возможно спрямление и в других масштабах. Поэтому возникает вопрос о точном определении показателя x в (1), а в конечном счете и

энергетического хода плотности локализованных состояний $g(\epsilon)=g_0 (\epsilon-\epsilon_F)^n$ вблизи энергии Ферми ϵ_F , поскольку имеет место связи [4] $x=n+1/n+d+1$, где d -размерность пространства.

Исследование представляет собой данную работу.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ И МЕТОДОЛОГИЯ

Основной объект исследования - порошкообразный (диаметр зерен 0.5-1 мкм) ПАН, термообработанный в вакууме в интервале температур $T_t=200-650$ °С изохронно в течение трех часов при каждой температуре с интервалом 50 °С, в котором измерения велись под давлением 3500 кг/см² в камере фиксированного давления [5]. Это позволяет, исключив контактные явления между частицами порошка, изучать свойства монолитного соединения [2].

Для определения x в уравнении (1) в композитных материалах нами использован метод анализа температурной зависимости приведенной энергией активации проводимости. Этот метод обработки нами было использована для исследования температурной зависимости проводимости композиционных керамических материалов, содержащих наночастицы никеля [6,7]. Где [8] показано, что для определения x можно воспользоваться уравнением

$$Lg\omega = B - x \lg T, \quad \omega = -\frac{1}{T} \frac{\partial \lg \sigma}{\partial T^{-1}} = \frac{\partial \lg \sigma}{\partial \lg T}, \quad (2)$$

где $B=\text{const}$, ω -приведенная энергия активации проводимости.

РЕЗУЛЬТАТ

Результаты измерений $\sigma(T)$ для серии образцов ПАН приведены на рис.1.

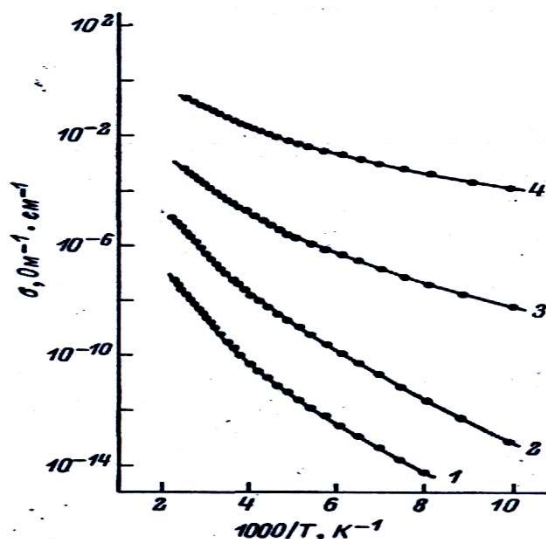


Рис.1.

Электропроводность

порошкообразного пиро-ПАН,
термообработанных при T_t , °С: 1-350, 2-450, 3-550, 4-650.

На рис.2 приведена температурная зависимость ω для образцов, полученная графическим дифференцированием кривых рис. 1 в координатах $Lg\sigma - LgT$.

Видно, что имеется три характерных области: высокая и низкотемпературная, разделенные переходной областью. В высокотемпературной области справа от кривой a на рис. 2 $lg\omega - lgT$, что соответствует $x=1$ в (1), т. е. проводимости с постоянной энергией активации $\Delta\varepsilon$.

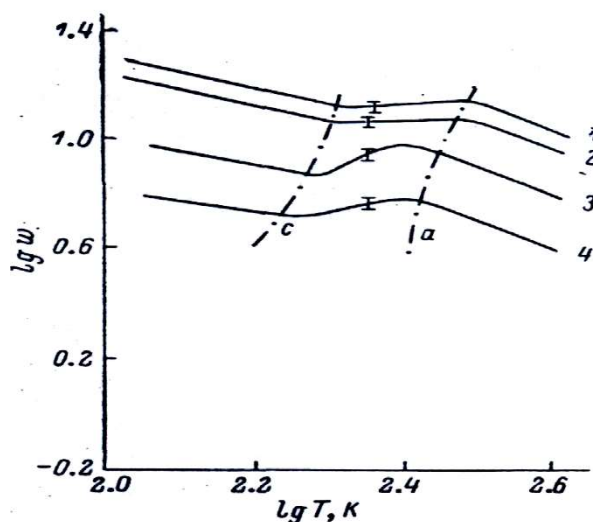


Рис. 2. Зависимость приведенной энергии активации порошкообразного пиро-ПАН, от температуры. Обозначения как на рис. 1.

$$\sigma = \sigma'_0 \exp(\Delta\varepsilon / kT), \quad (3)$$

Излом, соответствующий резкому уменьшению энергии активации проводимости с понижением температуры на рис. 2, свидетельствует против того, что закон (3) связан с прыжковой ε_3 -проводимостью. Таким образом, закон (2) в нашем случае соответствует ε_1 -проводимости, а величина $\Delta\varepsilon$ - щели между уровнем Ферми и порогом подвижности или уровнем протекания.

При сравнительно низких температурах (слева от кривой c) $lg\omega - x lgT$ с $x \sim 0.5$. Это соответствует частному случаю закона (1) для проводимости с переменной энергией активации (рис. 3)

$$\sigma = \sigma''_0 \exp[-(T_0/T)^{1/2}], \quad (4)$$

Формирование пирополимеров в первом приближении можно представить в виде процесса наполнения полимера ультрадисперсными «металлическими» частицами – областями полисопряжения.

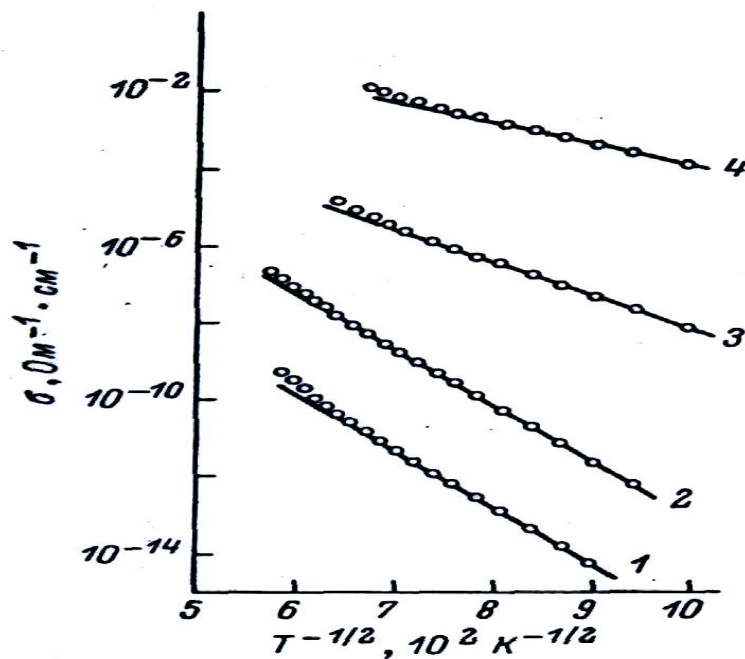


Рис. 3.

Электропроводность порошкообразного пиро-ПАН в характерном для низких температур масштабе. Обозначения, как на рис.1.

ОБСУЖДЕНИЕ

И так, пирополимеры и композиционные полимерные материалы с нанодисперсными наполнителями могут быть включены в один общий класс неоднородных систем. В отличие от композиций с нанодисперсными металлическими частицами, в пирополимерах, электропроводящие области возникают под действием физических факторов в результате сложных химических превращений и находятся в химически связанном состоянии с непроводящими участками.

Анализ температурной зависимости электропроводности, в рамках локальной энергии в активации проводимости показывает, что в этих композициях природа механизма высокотемпературной проводимости отличаются от низкотемпературной. В высокотемпературной области $\Delta E = \varepsilon_1$ – в которой постоянно. Это означает, что в области $T \geq T_a$ в электропроводности в основном дают туннелирование носителей заряда, не ближайшими соседними областями полисопряжения а, с постоянной энергией активации проводимости, т. е в этой области температура длины прыжка остаётся постоянным. При относительно низких температурах в области $T \leq T_c$ в системах проводимость характеризуется так называемой «скользящей» энергией активации, т. е длина прыжка (r) увеличивается с уменьшением температуры по закону $r \sim T^{-1/2}$ [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поведение проводимости σ и диэлектрической проницаемости ϵ металлополимера исследованы композиты, содержащие частицы Ni, диспергированные в фенилоне. Это обнаружили, что перколяционное поведение σ и ϵ , которое наблюдается, когда Частицы Ni размером 1-3 мкм (микродисперсные частицы) уступили место другое поведение, характеризующееся дополнительным вкладом в σ и ϵ ниже порог перколяции, когда частицы Ni имеют размеры ≤ 30 нм (наночастицы).

Показано, что эта особенность поведения σ и ϵ композиты согласуются с моделью сетевой иерархии композитов, который был предложен Balberg et al.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mott N.F.J. Non-Cryst. Sol., 1968, vol.1,N 1,p.1-9.
2. Магруппов М.А. Успехи химии, 1981, т.50, №11, с.2106-2131.
3. Bucker W.J. Non-Cryst. Sol., 1973, vol.12, N1,p.115-128.
4. Забродский А.Г. ФТП, 1977, т.11, №3, с.595-598.
5. Умаров А.В., Абдурахманов У., Файзиев А.Р., Магруппов М.А. ПТЭ, 1985, №6, с.206.
6. Umar Abdurakhmanov, Shamil Sharipov, Yayra Rakhimova, Munira Karabaeva, and Maksudbek Baydjanov. Conductivity and Permittivity of Nickel-Nanoparticle-Containing Ceramic Materials in the Vicinity of Percolation Threshold.// J. Am. Ceram. Soc.2006.V.89.№ 9. pp. 2946–2948.
7. Umarbek Abdurakhmanov, Yayra Rakhimova, and Gafurjan Mukhamedov, Isaac Balberg. Temperature Dependence of the Conductivity in Ceramic Materials Containing Nickel Nanoparticles.// J. Am. Ceram. Soc.2009. V. 92.№.3. pp. 661–664.
8. Забродский А.Г., Зиновьева К.Н. Письма в ЖЭТФ, 1983, т.37, №8, с.369.