

ИЗМЕНЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОКОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА С НАНОЧАСТИЦАМИ Fe₃O₄

П.Б. АСИЛБЕЙЛИ, Х.С. ИБРАГИМОВА, С.У. АТАЕВА

Институт Физики НАН Азерб. Республики,

AZ 1143, г. Баку, пр. Г. Джавида, 131

Nicran90@rambler.ru

Изучено структуры и диэлектрические свойства наноконпозиции на основе ПЭ+ Fe₃O₄. Установлено, что коагуляция наночастиц Fe₃O₄ в полимерной матрице зависит от концентрации наночастиц, она также зависит от надмолекулярной структуры и степени кристалличности полимера. Предполагается, что изменение диэлектрические проницаемости магнитной наноконпозиции в зависимости от обработки под действием постоянного магнитного поля и от надмолекулярной структуры полимерной матрицы, связано с зависимостью надмолекулярной структуры и степени кристалличности полимерной матрицы полиэтилена (ПЭ) от диамагнитной анизотропии.

Ключевые слова: наноконкомпозит, полимер, степень кристалличности.

PACS: 82.35.Np

В последнее время наноконпозиции на основе полимеров и наномангнетиков широко применяются в радиотехнике, телевидении, технике связи, запоминающихся устройствах, компьютерной технике, так как они обладают относительно новыми суперпарамагнитными, магниторезистивными, эксплуатационными, высокими коэрцитивными силами и другими уникальными свойствами [1-4].

Структурированные полимерные композитные нанофазные материалы имеют специфические особенности и свойства, отличные от свойств веществ, находящихся в обычных фазах, могут иметь другие механические и электрофизические характеристики в различных частотных диапазонах в том числе и в микроволновом диапазоне [5]. Полимерная матрица стабилизирует активные наночастицы, свойства, которых принципиально отличается от свойств атомов, молекул и массивных образцов.

Свойства наноконкомпозитов определяются химической природой полимерной матрицы, структурой межфазных границ, доля которых в наноконкомпозитах огромна, а также взаимодействием между наночастицами и матрицей полимера.

Они представляют огромный интерес как с точки зрения теоретического анализа их структуры и свойств, так и практического использования. При низких концентрациях наночастиц в матрице, наноконкомпозиты являются суперпарамагнетиками, т.к. направления осей легкого намагничивания в них распределены случайным образом. При высокой концентрации наночастиц они контактируют друг с другом и образуют бесконечный проводящий кластер, в результате чего наноконкомпозит проявляет ферромагнитные свойства.

Теоретически и экспериментально установлено, что наночастицы Fe₃O₄ в полимерной матрице под действием постоянного магнитного поля, подвергаются поляризации. Поляризация наномангнетита зависит от внешнего поля, от помещенной среды (полимерной матрицы), электрических свойств (поляризации, диэлектрической проницаемости, энергии активации электронов и т.д.),

размера наномангнетита, его металлических свойств (число электронов на валентном уровне, энергия связи).

В представленной работе исследуются теоретические и экспериментальные значения диэлектрической проницаемости наноконкомпозита ПЭ+Fe₃O₄ от концентрации Fe₃O₄.

Магнитные полимерные наноконкомпозиты получены следующим образом. В раствор раствор ПЭ в трихлорэтилене при температуре 343 К добавлены наночастицы Fe₃O₄. Размеры наночастицы составляли 4-10нм. Смесь перемешивалась при температуре 343К до образования эмульсии, добавлен водный раствор и выделен Fe₃O₄, содержащий ПЭ, затем высушен в вакуумном шкафу. Из компаунда были получены образцы наноконкомпозитов методом горячего прессования при температуре плавления полиэтилена под давлением 15МПа в течение 10 минут с дальнейшим охлаждением до комнатной температуры при различных скоростях.

Измерение диэлектрической проницаемости (ϵ) и тангенса угла диэлектрических потерь ($tg \delta$) для наноконкомпозитов на основе ПЭ+ Fe₃O₄ были выполнены в частотном диапазоне 100-10⁶ Hz и в температурном интервале 30-140°C на приборе E7-20.

В работе [6] показано, что при малых объемных концентрациях наночастиц мангнетита в полимерной матрице диэлектрическую проницаемость наноконкомпозита можно определить как [6]:

$$\epsilon_{HK} = \frac{\epsilon + 2}{3} \epsilon \cdot \left(1 + \frac{1}{3} \frac{\phi}{\epsilon_0} \cdot \frac{d_{\max}^2}{V_0 kT} \right) \quad (1)$$

где ϵ - диэлектрическая проницаемость полимерной матрицы, ϕ - объемная концентрация наночастиц мангнетита в полимерной матрице. Диэлектрическая проницаемость наноконкомпозита, электрический дипольный момент наномангнетита, является линейной функцией концентрации наномангнетита. На рис.1 приведены теоретические и экспериментальные значения диэлектрической проницаемости наноконкомпозита ПЭ+Fe₃O₄ от концентрации. Видно,

что теоретическое значение диэлектрической проницаемости в зависимости от концентрации меняется линейно, а экспериментальное значение меняется с экстремумом. Изменение

экспериментального значения диэлектрической проницаемости нанокomпозиции в зависимости от концентрации связано, по нашему мнению, с пороговым наполнением наполнителя.

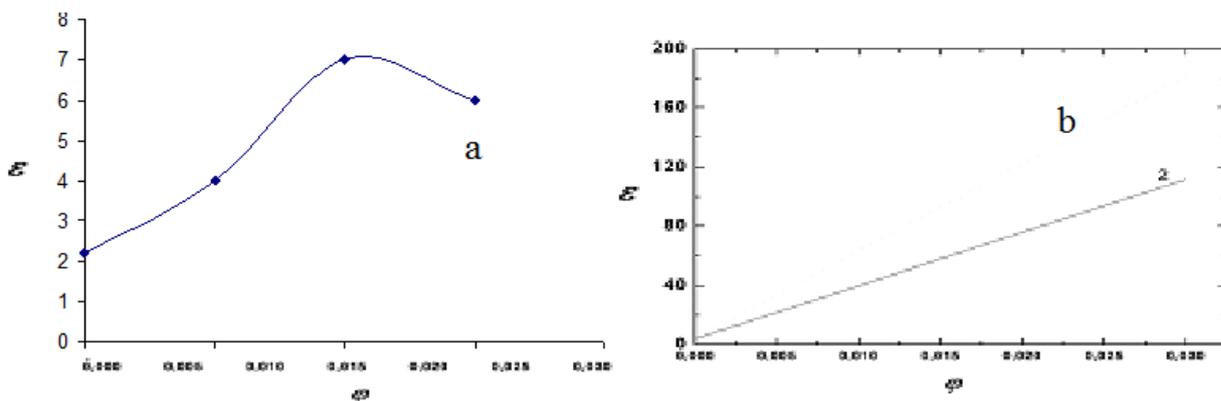


Рис.1. Зависимость диэлектрической проницаемости нанокomпозиции ПЭ+Fe₃O₄ от концентрации: а) экспериментальные, б) теоретические

Значения тангенса угла потерь для полимерной матрицы и наночастица магнетита определяется выражением:

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = 1 + \frac{1}{3} \frac{\varphi_m}{\epsilon_0} \cdot \frac{d_{\max}^2}{V_0 k T}. \quad (2)$$

Во внешнем магнитном поле магнитный дипольный момент наночастицы, которая перпендикулярна к плоскости движения электронов, старается приспособиться по направлению магнитного поля. А это свою очередь, ориентирует плоскость движения электронов по внешнему электрическому

полю (так как электрическое и магнитное поле взаимно перпендикулярны) и, следовательно, увеличивает поляризуемость среды наночастиц магнетита. Установлено, что диэлектрическая проницаемость и диэлектрическая потеря нанокomпозиции в зависимости от температуры постепенно растут, а затем при температуре разрушение кристаллических фаз полимера увеличивается спонтанно. Резкое увеличение значение ϵ , $\operatorname{tg} \delta$ при температуре разрушение кристаллических фаз полиэтилена связано, по нашему мнению, увеличением расстояние между наночастицами.

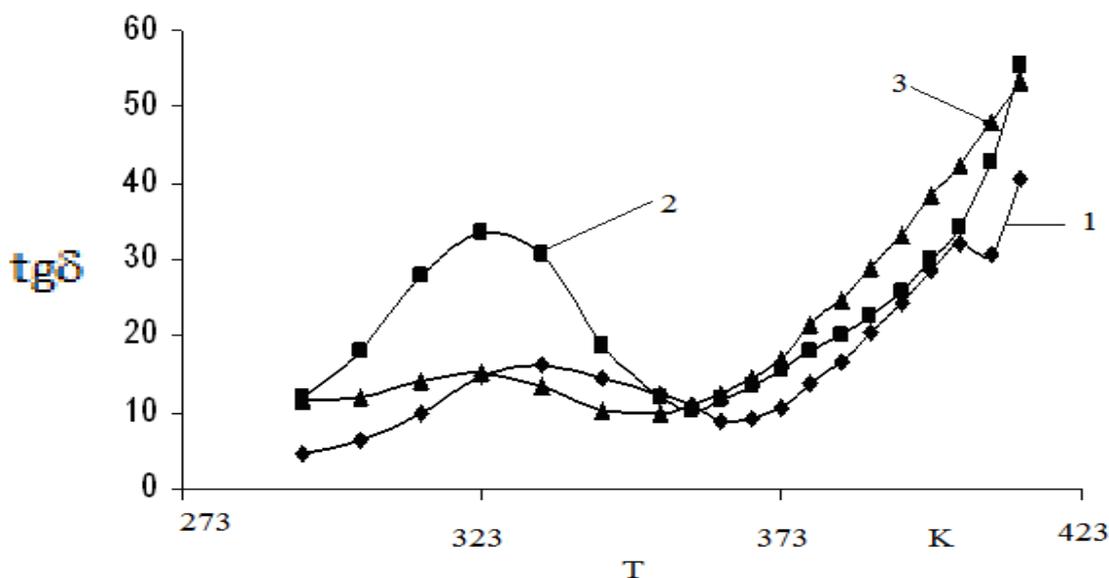


Рис. 2 Зависимость тангенс угла диэлектрической потерь от температуры для нанокomпозиции: 1. ПЭ+5 ml Fe₃O₄, 2. ПЭ+10ml Fe₃O₄, 3.ПЭ+ 15ml Fe₃O₄

Из экспериментальных фактов следует, что в нанокomпозитах ПЭ+ Fe₃O₄ монотонное изменение диэлектрической проницаемости в зависимости от температуры в свою очередь имеет релаксационный

характер. Изменение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь после обработки нанокomпозиций в постоянном магнитном поле, по нашему мнению, связано с поляризацией

магнитной частицы, в результате чего происходит разупорядочивание структуры (возбуждение макромолекул, локальная поляризация).

-
- [1] *M.A. Ramazanov, R.A. Ali-Zade, P.B. Agakishiyeva* Vol. 5, No 3, July-September 2010, p. 727-733
- [2] *M.A. Ramazanov, P.B. Agakishiyeva, M.A. Nuriyev, Sh. Sh. Amirov* v.4, №9, 2010, p. 1387 – 1390
- [3] *R.A. Alizade, M.A.Ramazanov, R.Z.Sadykhov* j. Functional materials 16, №2(2009), p. 183-189
- [4] *А.Д. Помогайло, А.С.Розенберг, И.Е. Уфлянд* Москва "Химия" 2000 г.671с
- [5] *И.Д. Кособудский, Г. Ю. Юрков.* Известия вузов, химия и химическая технология. 2000, 43, № 5, с.3.
- [6] *Р.А. Али-заде* Журнал Физической Химии, 2010, том.84, № 9, с.1722-1727