

УДК 678.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННЫХ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ В X-ДИАПАЗОНЕ

© Ибатуллин И.М., Магсумова А.Ф.

Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Российская Федерация

e-mail: ibatullinildar@mail.ru

Исследование диэлектрических свойств в X-диапазоне на данный момент остается одним из актуальных направлений [1–4].

В работе представлены экспериментальные результаты изменения диэлектрической проницаемости в X-диапазоне (8–12 ГГц) эпоксидных полимеров, содержащих дисперсные наполнители. Показана весовая эффективность наполненных полимеров углеродсодержащими порошками.

В качестве объектов исследования выбраны несколько видов сажи (П234, Т900, П514), шунгит, порошок никелевый карбонильный, железо карбонильное радиотехническое, порошок сегнетовой соли. Основой для наполнения была выбрана эпоксидная смола марки ЭД-22, отвердителем – полиэтиленполиамин. Сочетание наполнителя и связующего выбиралось аналогично [2–4].

Задачей работы является сравнительный анализ диэлектрической проницаемости в X-диапазоне полимеров с содержанием углеродных и металлических наполнителей с целью разработки в дальнейшем перспективного материала радиотехнического назначения [2].

Для исследования диэлектрической проницаемости был использован векторный анализатор цепей E5071C с дополнительно установленным коаксиальным пробником. Исследования проводились в частотном диапазоне от 8 до 12 ГГц. Для определения весовой эффективности была найдена плотность образцов путем гидростатического взвешивания.

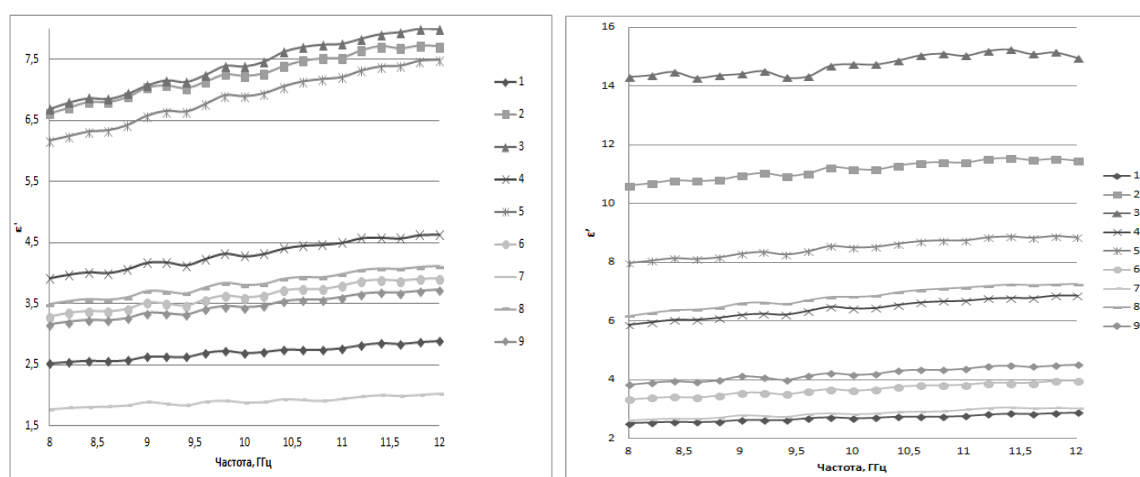


Рис. Зависимость диэлектрической проницаемости ϵ' от частоты для 10 % масс. (а), для 30 % масс. (б), при наполнении: 1 – без наполнителя, 2 – сажа П234, 3 – сажа П514, 4 – сажа К354, 5 – сажа Т900, 6 – шунгит, 7 – калий натрий виннокислый, 8 – железо радиотехническое, 9 – порошок никелевый карбонильный

При обработке экспериментальных данных были получены частотные зависимости диэлектрической проницаемости в зависимости от наполнителя и его концентрации (рис.).

Из этих зависимостей видно, что с повышением концентрации наполнителя для всех образцов наблюдается рост показателей диэлектрической проницаемости ϵ' . Максимальное значение диэлектрической проницаемости достигается при использовании сажи марки П514 как при 10 % масс., так и для 30 % масс. Такой результат можно объяснить влиянием гранулометрического состава наполнителя на электрофизические свойства полимера. В целом углеродсодержащие наполнители оказали заметное влияние на повышение диэлектрической проницаемости в отличие от металлического и солевого порошков.

Также показано, что образцы с содержанием сажи марки П514 имели аналогичные характеристики диэлектрической проницаемости что и у образца, наполненного радиотехническим железом.

По результатам гидростатического взвешивания были рассчитаны плотности полимерных дисперсно-наполненных образцов. В результате расчетов было отмечено, что образцы с углеродными наполнителями обладают весовым преимуществом над образцами с металлическими частицами. Для некоторых углеродсодержащих образцов значение диэлектрической проницаемости оказалось приблизительно одинаковым по сравнению с образцом, наполненным радиотехническим железом марки Р-10. Однако плотность углеродсодержащего образца с железным порошком была выше в 2 раза.

Полученные результаты делают дальнейшее исследование в данном направлении перспективным для получения полимерного материала электротехнического назначения с высоким весовым совершенством.

Библиографический список

1. Теруков Е.И., Бабаев А.А., Ткачев А.Г., Жилина Д.В. Радиопоглощающие свойства полимерных композитов на основе шунгита и углеродного наноматериала «Таунит-М» // Журнал технической физики. 2018. Т. 88. Вып. 7. С. 1075–1079.
2. Доценко О.А., Суляев В.И., Кузнецов В.Л., Мазов И.Н., Кочеткова О.А. Микроволновые характеристики композиционных радиоматериалов на основе полимера и углеродных структур // Доклады ТУСУРа. 2011. № 2 (24). Ч. 2. С. 36–40.
3. Голубев Е.А. Электрофизические свойства и структурные особенности шунгита (природного наноструктурированного углерода) // Физика твердого тела. 2013. Т. 55. Вып. 5. С. 995–1002.
4. Букетов А., Сметанкин С., Лусенков Е., Яренин К., Akimov O., Якученко S., Лусенкова I. (2020). Electrophysical Properties of Epoxy Composite Materials Filled with Carbon Black Nanopowder. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2020, P. 1–7. DOI:10.1155/2020/6361485.