

05.2; 09

АНОМАЛЬНОЕ СВЧ ПОГЛОЩЕНИЕ В МАГНИТОНАПОЛНЕННЫХ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КАУЧУКАХ

А.И. Вейнгер, А.Г. Забродский,
Л.А. Красиков, Н.Е. Хорошева

1. Интерес к исследованиям СВЧ поглощения в магнитонаполненных полимерах связан с их техническим применением в качестве СВЧ поглотителей [1, 2]. Эффективность поглощения по существующим представлениям определяется исключительно электромагнитными свойствами частиц наполнителя (ферриты, аморфные металлы, ферромагнитные металлы и их окислы и др.). Полимерная матрица же, как считается, выполняет лишь функцию диэлектрического связующего. В настоящем сообщении мы приводим данные по СВЧ поглощению в наполненных ферромагнитным металлом метилфенилсилоксановых каучуках, которые указывают на то, что такого рода полимеры оказывают влияние на эффективность поглощения.

2. Объектами исследования являлись низкомолекулярные метилфенилсилоксановые каучуки (НМК) с различным молярным содержанием метильных и фенильных групп в боковом органическом обрамлении. Магнитным наполнителем служило модифицированное карбонильное железо (МКЖ) в виде дисперсных частиц размером в несколько микрон. Концентрация наполнителя менялась в диапазоне 0.07–40 объемных процентов.¹ Эталонным объектом при исследовании являлся стандартный магнитодиэлектрик, в котором каучук был заменен на парафин, который, как известно, не взаимодействует с наполнителем.

Измерение СВЧ поглощения проводилось с помощью исследования зависимости производной сигнала поглощения от постоянного магнитного поля на стандартном ЭПР спектрометре E-112 „Varian”. Производная сигнала поглощения представляла характерную для магнитодиэлектриков широкую линию с расстоянием между пиками 2500–3000 Э. Крылья линии выходили за предел создаваемых в спектрометре полей, поэтому стандартный метод измерения поглощения, основанный на двойном интегрировании его производной, был неприменим. Мы воспользовались тем экспериментальным фактом, что форма линии слабо зависела от концентрации наполнителя, и оценивали относительную интенсивность поглощения по величине амплитуды производной сигнала поглощения. Для ее измерения использовался стандартный эталон фирмы „Varian”.

В каучуках с большим наполнителем МКЖ (40 об.%) в диапазоне 1–15 ГГц исследовалось также СВЧ поглощение (магнитные спектры) методами КЗ и ХХ, а также резонаторным методом.

¹Соответствует 0.5–80 весовых процентов.

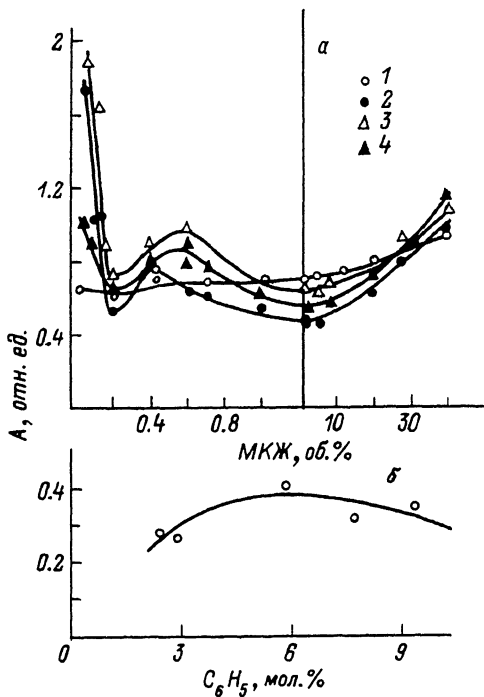
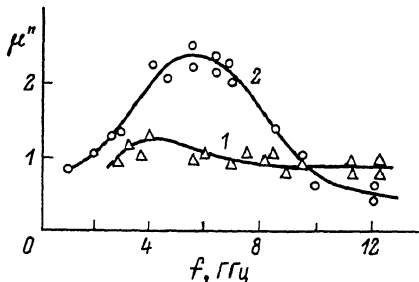


Рис. 1. Зависимость относительной величины СВЧ-поглощения: а - от объемного содержания МКЖ в парафине (1), СКТН (2), СКТНФ (3), СКТН2Ф6 (4); б - от мольного содержания дифенильных групп в СКТН2Ф с содержанием МКЖ 0.7 об. %.

3. На рис. 1, а показана зависимость относительной величины СВЧ поглощения, приведенной к единице массы наполнителя (А) от его объемного содержания. В парафиновом стандарте вплоть до концентраций МКЖ порядка 20 об. % величина А практически постоянна, после чего начинается ее возрастание. Близость указанной концентрации МКЖ к порогу протекания наводит на мысль о связи эффекта возрастания величины А с кластеризацией наполнителя. На этом же рисунке показано поведение данных по СВЧ поглощению в НМК типа СКТНФ (диметилфенилсилоксановый каучук), усредненных для нескольких серий образцов. Видно, что в области заметных концентраций наполнителя это поведение близко к описанному выше для стандартных образцов, однако эффект кластеризации здесь проявляется сильнее.

Это согласуется с результатами измерения магнитных спектров (рис. 2) вблизи рабочей частоты ЭПР спектрометра (10 ГГц). Этот же рисунок показывает, что на более низких частотах в сильнонаполненном НМК типа СКТНФ имеет место существенно более мощный по сравнению со стандартными образцами пик мнимой части комплексной магнитной проницаемости.

Рис. 2. Частотная зависимость мнимой части комплексной магнитной проницаемости композиционных магнитодиэлектриков: 1 - парафин с 40 об. % содержанием карбонильного железа; 2 - СКТН2Ф6 с 40 об. % содержанием МКЖ.



Более резкое и неожиданное отличие от стандартных образцов заключается в наблюдаемом нами на частоте 10 ГГц эффекте аномально сильного поглощения при малых концентрациях наполнителя (рис. 1, а). Исследования показали, что этот эффект уменьшается в ряду: СКТНФ, СКТН2Ф (диметилдифенилсилоксановый каучу), СКТН (диметилсилоксановый каучук). В ряду каучуков типа СКТН2Ф эффект максимален при 6-ти процентном мольном содержании дифенильных групп (рис. 1, б). Как выяснилось, на поглощение влияет и состояние поверхности наполнителя. Так, термическая обработка наполнителя существенно снижает поглощение НМК.

Обнаруженное аномально высокое СВЧ-поглощение на макроскопическом языке можно описать увеличением эффективной величины магнитных потерь μ''_{ef} частицы наполнителя в результате образования у ее поверхности при взаимодействии с полимером магнитоактивных микрообразований. Тот факт, что на частоте 10 ГГц эффект главным образом наблюдается при малых содержаниях наполнителя указывает на то, что концентрация магнитоактивных микрообразований в этом случае ограничена способностью полимера к такому комплексообразованию. Исследование образцов, подвергнутых γ -облучению от источника ^{60}Co интегральной дозой $6 \cdot 10^{17}$ квантов/ см^2 , показало, что аномалия СВЧ поглощения при малых концентрациях наполнителя на частоте 10 ГГц существенно ослабевает. В рамках гипотезы о магнитоактивных микрообразованиях это свидетельствует об исчезновении таких микрообразований под действием вызванного γ -облучением дефектообразования.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Алексеев А.Г., Корнев А.Е. Магнитные эластомеры. М.: Химия, 1987. 238 с.
 [2] Алимин Б.Ф. // Зарубежная радиоэлектроника. 1989. № 2. С. 75-82.

Поступило в Редакцию
19 июля 1989 г.