

Было обнаружено, что для получения эпоксикомпозиций с максимальной теплопроводностью образцы необходимо вакуумировать при остаточном давлении 50-100 мм. рт. ст., на время 15-20 мин.

В противном случае теплопроводность образцов как правило невелика и ее концентрационная зависимость имеет экстремальный характер. Это объясняется тем, что большие загрузки наполнителя приводят к образованию в отливках воздушных пузырей.

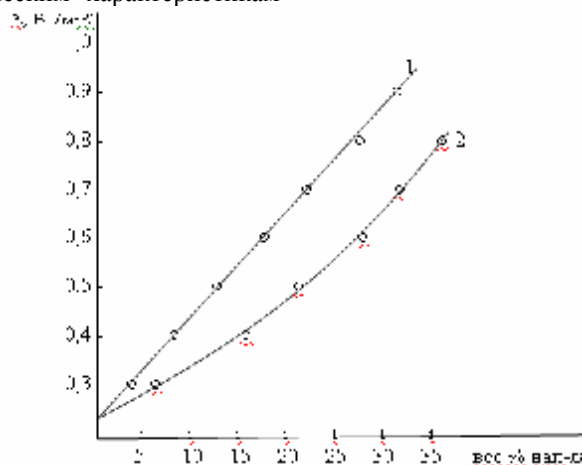
Исследования диэлектрических свойств показали, что разработанные композиции сохраняют свои свойства в интервале температур 20-150<sup>0</sup> С. Диэлектрическая проницаемость композиций составляет 4-5, тангенс угла диэлектрических потерь – 10<sup>-2</sup>, удельное объемное электрическое сопротивление 10<sup>-15</sup> ом·см. Эти данные подтверждают, что теплопроводные композиции по своим электрическим характеристикам

могут использоваться для герметизации приборов электронной техники.

**НАПОЛНЕННЫЕ ЭПОКСИПОЛИМЕРЫ  
ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ИЗДЕЛИЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ**

Беев А.А., Беева Д.А., Беева З.А., Микитаев А.К.  
*Кабардино-Балкарская государственная  
сельскохозяйственная академия,  
Нальчик*

Разработаны теплопроводные эпоксидные композиции на основе фенолформальдегидных новолачных олигомеров с низким содержанием ионных примесей и гидролизуемого хлора.



**Рисунок 1.** Зависимость теплопроводности композитов от содержания нитрида бора (1) и влияние добавки аэросила (2).

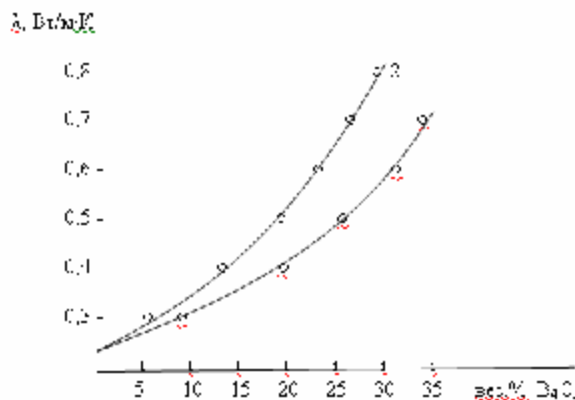
Эпоксिनволаки отверждали соответствующими новолачными олигомерами, смешиваемыми в соотношении 2:1 в присутствии в качестве катализатора отверждения 1% 2-метилимидазола. По выходу гелефракции был подобран оптимальный ступенчатый режим отверждения.

Результаты экспериментов показали (рис. 1,2), что теплопроводность эпоксидно-новолачных композиций может быть повышена с 0,2 до 0,99 Вт/м·К. При этом наивысшей теплопроводностью обладают композиции, наполненные нитридом бора. При добавле-

нии в систему аэросила в количестве 2 вес.%, коэффициенты теплопроводности понижаются, что можно объяснить разрыхлением структуры, образованием пор.

Теплопроводность эпоксидных композиций, наполненных карбидом бора ниже, чем наполненных нитридом бора (таблица 1).

На рис.2 можно заметить, что композиции с размерами частиц наполнителя от 20 до 150 мк более теплопроводны чем с размерами частиц от 150 до 250 мк.



**Рисунок 2.** Зависимость теплопроводности эпоксिनволачных композиций от размеров частиц наполнителя. 1 – 150-250 мк; 2 – 20-150 мк.

Композиции с наилучшей теплопроводностью были исследованы на термостойкость и диэлектрические свойства. Как показали термогравиметрические исследования, образцы без наполнителей начинают разлагаться при 340-345<sup>0</sup> С, а с наполнителем - при 320-325<sup>0</sup> С.

Определение диэлектрической проницаемости ( $\epsilon = 3,5-5,0$ ) и тангенса угла диэлектрических потерь ( $\text{tg}\delta = 0,02-0,03$ ), удельного объемного электрического сопротивления ( $\rho = 10^{15} - 10^{17}$  ом-см) дает возможность сделать вывод о том, что нитрид и карбид бора не ухудшают электрических свойств композиций и они пригодны для герметизации полупроводниковых приборов высокой надежности.

### СВОЙСТВА МЕЖФАЗНОГО СЛОЯ НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИГИДРОКСИЭФИРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Беев А.А., Беева Д.А., Абаев А.М.,  
Козлов Г.В., Микитаев А.К.

*Кабардино-Балкарская государственная  
сельскохозяйственная академия,  
Нальчик*

Свойства полимерных композитов в основном определяются соответствующими свойствами их компонентов и объемной долей наполнителя. Еще одним важным фактором являются природа и свойства межфазной границы полимер-наполнитель. Взаимодействия на межфазной границе в значительной степени определяют комплекс свойств полимерных композитов, и на этом основании часто используется целенаправленная обработка поверхности наполнителя для оптимизации свойств композита в желательном направлении.

Методом диэлектрических потерь исследованы четыре серии дисперснонаполненного композита ПГЭ+Гр (полигидроксиэфир + графит) с целью выяснения влияния обработки поверхности графита и способа синтеза на свойства межфазного слоя.

Для оценки степени взаимодействия полимерной матрицы с наполнителем было использовано следующее соотношение:

$$A = \frac{1}{1 - j_n} \frac{\text{tg}\delta_k}{\text{tg}\delta_m} - 1, \quad (1)$$

где  $\text{tg}\delta_k$  и  $\text{tg}\delta_m$  - тангенсы диэлектрических потерь композита и полимерной матрицы, соответственно.

Сильные взаимодействия между наполнителем и полимерной матрицей на межфазной границе стремятся снизить молекулярную подвижность в окрестности поверхности наполнителя по сравнению с объемом полимерной матрицы. Это приводит к уменьшению  $\text{tg}\delta_k$  и, следовательно,  $A$ . Таким образом, низкая величина  $A$  указывает на высокую степень взаимодействия или адгезии между фазами полимерного композита.

Исследованы зависимости  $A(\varphi_n)$  для композитов полученных как механическим смешением, так и в процессе синтеза полимера, с необработанным и об-

работанным графитами. Эти зависимости наглядно демонстрируют общий характер изменения взаимодействий (уровня межфазной адгезии) на межфазной границе и позволяют сделать ряд выводов. Во-первых, в общем случае полимеризационно-наполненные композиты имеют меньшие величины параметра  $A$  и, следовательно, более высокий уровень межфазной адгезии, чем композиты, полученные механическим смешиванием. Во-вторых, обращает на себя внимание достаточно сильный эффект обработки частиц наполнителя. Из полученных зависимостей следует, что обработка наполнителя оказывает примерно такое же воздействие на параметр  $A$ , как и поликонденсационное наполнение необработанным наполнителем. В-третьих, основное изменение (а именно, увеличение) параметра  $A$  и, следовательно, ухудшение межфазной адгезии, происходит при небольших содержаниях наполнителя  $\varphi_n$ , в основном до порога механической перколяции системы.

Таким образом, представленные выше результаты продемонстрировали полезность методов диэлектрической спектроскопии для характеристики свойств межфазных границ в дисперсно-наполненных полимерных композитах. Сравнение с другими методами оценки свойств межфазных границ в композитах показало их соответствие с анализом, использующим определенный уравнением (2) параметр  $A$ .

### ПРОЦЕССЫ СТЕКЛОВАНИЯ КОМПОЗИЦИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ПОЛИГИДРОКСИЭФИР

Беев А.А., Беева Д.А., Абаев А.М.,  
Козлов Г.В., Микитаев А.К.

*Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия,  
Нальчик*

Изучению процесса стеклования полимерных композитов всегда уделялось значительное внимание, так как исследование влияния наполнителя на температуру стеклования представляет большой практический и теоретический интерес.

На рис. 1 приведены зависимости тангенса угла диэлектрических потерь  $\text{tg}\delta$  от температуры испытаний  $T$  для композитов серии ПГЭ+Гр-I(МС) (полигидроксиэфир + графит, механически смешанный). Как можно видеть, наблюдается систематическое снижение температуры основного пика  $\text{tg}\delta$  или  $T_c$  по мере роста объемного содержания наполнителя  $\varphi_n$ . Основное снижение  $T_c$  наблюдается при небольших величинах  $\varphi_n$ , а затем появляется тенденция перехода к асимптотическому поведению функции  $T_c(\varphi_n)$ .

Для композиций ПГЭ+Гр-II(ПН) (полигидроксиэфир + графит, поликонденсационно наполненный) эти зависимости имеют другой вид.

При введении наполнителя (до  $\sim 0,067$ ) наблюдается снижение  $T_c$  на  $\sim 10$  °С, в то время как для композитов ПГЭ+Гр-I(МС) и ПГЭ+Гр-II(МС) на 35 и 40°С соответственно.