

## **Исследование диэлектрических свойств композиционного материала на основе полиметилсилоксана (ПМС) с добавлением порошка титаната бария ВаTiO<sub>3</sub>**

Представлены результаты измерения диэлектрических свойств композиционного материала на основе полиметилсилоксана (ПМС) с добавлением порошка титаната бария ВаTiO<sub>3</sub>, в различном процентном соотношении – 10, 15, 20 и 25%.

**Ключевые слова:** Композиционный материал, СВЧ-электроника, диэлектрическая проницаемость

В настоящее время перспективным направлением в разработке СВЧ-компонентов и устройств является применение композитных материалов в качестве диэлектрических подложек устройств. Например, уменьшение габаритов антенных устройств осуществляется за счет применения материалов с высокой диэлектрической проницаемостью. Одним из вариантов такого материала является композит на основе полиметилсилоксана с добавлением порошка титаната бария. Полиметилсилоксан представляет собой кремнийорганический полимер, обладающий стабильностью характеристик в широком диапазоне температур (от -60 до +200 °С), низкой сжимаемостью (практически не сжимается – как вода), химической инертностью, нетоксичностью, стабильными и высокими диэлектрическими характеристиками. Добавление порошка титаната бария позволяет варьировать диэлектрическую проницаемость конечного композита в широких пределах (от 5 до 20). В данной работе представлены результаты измерений диэлектрических параметров композитного материала.

На данный момент в антеннах навигационных систем в основном используются керамические материалы.

Керамика - материал, полученный спеканием порошков из одного или смеси окислов при температурах, близких к температуре плавления. Для подложек наибольшее распространение получила керамика, основным компонентом которой является окись алюминия. Изготовленная при оптимальных условиях, она обладает высокими механическими, термическими и диэлектрическими свойствами. Некоторое отличие разного типа керамик определяется процентным содержанием окиси алюминия и структурой.

Существенным недостатком керамических подложек является сложность и дороговизна технологии их изготовления: выбор исходных материалов, приготовление керамической массы, сушка, обжиг, твердофазный синтез и спекание, механическая обработка.

Пока что не удается получить после обжига недеформированную тонкую пластину стандартного размера. Поэтому для получения необходимой плоскопараллельности заготовку делают толщиной до 4 мм, а затем избыток материала ошлифовывают до 0,5 мм. Микронеровности необработанной керамики могут составлять несколько тысяч ангстрем и сильно уменьшаются после полировки, однако полировка загрязняет поверхность керамики и существенно изменяет ее свойства. Снижение шероховатости достигается путем глазурирования поверхности керамики тонким слоем бесщелочного стекла. При этом “страдает” теплопроводность.

Композиционные материалы (композиты) – многокомпонентные материалы, как правило, состоящие из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями (дисперсными, волокнистыми, хлопьевидными и т.д.), обладающими специфическими свойствами (например, высокой прочностью, жесткостью и т.д.) [1]. Сочетание разнородных веществ приводит к созданию нового материала, свойства которого количественно и качественно отличаются от свойств каждого из его составляющих. Варьирование состава матрицы и наполнителя, их соотношения, а также степени дисперсности и других характеристик наполнителя позволяет получать широкий спектр материалов с требуемым набором свойств. По сравнению с рядом других классов материалов композиты отличаются легкостью в сочетании с улучшенными механическими свойствами [2-4]. Использование композитов обычно позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении ее механических характеристик.

Подбор оптимального соотношения между компонентами и регулирование их физико-химических характеристик обеспечивает получение композиционных материалов с требуемыми значениями прочности, жаропрочности, модуля упругости, абразивной стойкости, а также создание композиций с необходимыми магнитными, диэлектрическими, радиопоглощающими и другими специальными свойствами.

В данной работе исследовались свойства композиционного материала на основе полиметилсилоксана (ПМС) с добавлением порошка титаната бария ( $BaTiO_3$ ), в различном процентном соотношении – 10, 15, 20 и 25%.



Рисунок 1. Процесс изготовления образцов композиционного материала.



Рисунок 2. Образцы композиционного материала с различным процентным содержанием порошка BaTiO<sub>3</sub>.

Измерение материалов проводилось методом коаксиального пробника.

Программно-аппаратный комплекс [5] разработан швейцарской компанией SPEAG для неразрушающего измерения параметров материалов. Измерительный комплекс Dielectric Assessment Kit (DAK) состоит из коаксиального пробника, векторного анализатора цепей и специализированного ПО.



Рисунок 3. ПАК SPEAG.

Для измерений используется только один порт векторного анализатора цепей.

Калибровка проводится на конце пробника, на его поверхности. В процессе калибровки выполняются следующие шаги:

- Калибровка на холостой ход, выполняется на открытом конце пробника в воздухе.

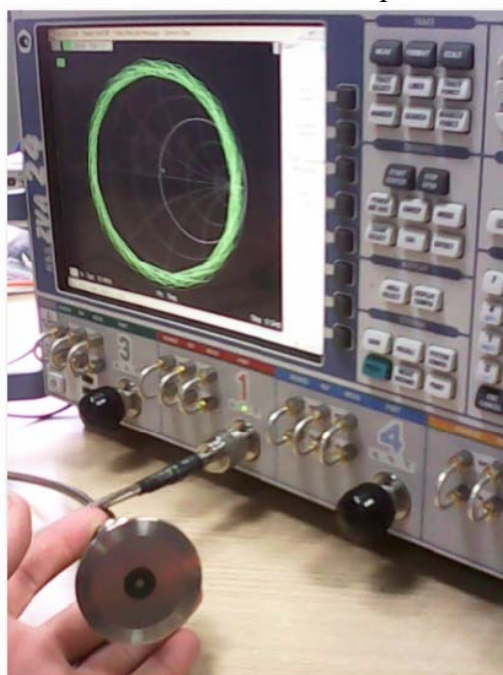


Рисунок 4. Калибровка ХХ.

- Калибровка на короткое замыкание: используется специальный калибровочный стандарт, блок короткого замыкания. Блок короткого замыкания с медной фольгой, монтируемый к поверхности пробника, работает как стандарт короткого замыкания, обеспечивая необходимое давление, чтобы получить хорошее соединение.



Рисунок 5. Калибровка КЗ.

Калибровка на согласованную нагрузку проводится погружением пробника в известную жидкость, например, воду.



Рисунок 6. Калибровка на согласованную нагрузку (воду).

Программное обеспечение управляет векторным анализатором цепей. Комплексная проводимость вычисляется из измеренного параметра S11. Результат отображается в различных форматах, включая диаграмму Смита и таблицу.



Рисунок 7. Измерение свойств композитного материала ПАК SPEAG.

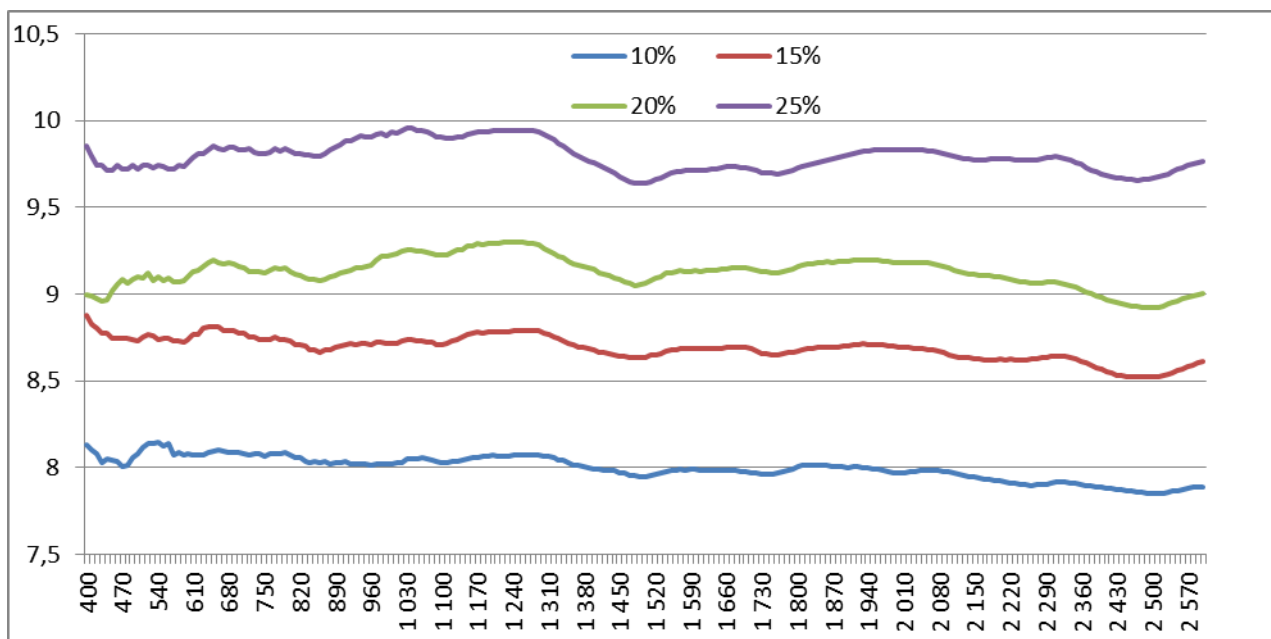


Рисунок 8. Результаты измерений диэлектрической проницаемости изготовленных образцов композитного материала в диапазоне частот от 400 МГц до 2600 МГц.

Полученные данные перспективны для прогнозирования диэлектрических свойств композиционных материалов. Проведенные измерения позволяют с высокой точностью определить диэлектрическую проницаемость материала.

Применение композитного материала на основе полиметилсилоксана (ПМС) с добавлением порошка титаната бария ( $BaTiO_3$ ) в навигационных системах позволяет разрабатывать антенные устройства миниатюрных размеров, обладающих стабильностью

характеристик в широком диапазоне температур (от -60 до +200 0С), стойкостью к агрессивным средам.

Библиографический список

1. Композиционные материалы / М. Л. Кербер // Соровский образовательный журнал. - 1995. - №5. - С. 34/
2. Достижения в области композиционных материалов / Под ред. Дж. Пиатти М.: Metallurgia, 1982. – 304 с.
3. Полимерные матрицы для высокопрочных армированных композитов / А.А. Берлин, Л. К. Пахомова // Высокомолекулярные соединения. – 1990. – Т. (А) 32, №7. - С. 1347-1385.
4. Современные полимерные композиционные материалы / Берлин А.А. // Соровский образовательный журнал. - 1995. - №1. – С. 57-65.
5. [http://www.rohde-schwarz.ru/products/test\\_and\\_measurement/Measurement\\_properties\\_materials/](http://www.rohde-schwarz.ru/products/test_and_measurement/Measurement_properties_materials/).