

МИКРОСТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИКРОВОЛНОВЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ СИСТЕМЫ $((1-Y)BaO+YMGO)/((1-Z)SM2O3+ZLA2O3)/5TiO2$

Дамбис М.К., Долгов А.В., Филиков В.А., Черкасов А.П.
Московский Энергетический Институт (Технический университет)
E-mail: dambis_m@pochtamt.ru

Для изготовления диэлектрических СВЧ-резонаторов [1] подходящими материалами являются поликристаллические диэлектрики на основе оксидов бария, титана и редкоземельных элементов. При оптимальном технологическом режиме синтеза такие материалы могут обладать высокими значениями добротности (Q) и диэлектрической проницаемости (ϵ) в сантиметровом диапазоне длин волн. Высокая диэлектрическая проницаемость материала позволяет уменьшить размер СВЧ-элемента в $(\epsilon)^{1/2}$ раз

По традиционной керамической технологии были изготовлены диэлектрики системы $((1-y)BaO+yMgO)/((1-z)Sm_2O_3+zLa_2O_3)/5TiO_2$. Исходные порошки перемешивали и затем прокаливали на воздухе в печи в течение 2-х часов при температурах $1150\div 1180^\circ C$. Далее, после размола в шихту вводили пластификатор (7% водный раствор поливинилового спирта) в количестве 3-4% от массы материала. После перемешивания порошков с пластификатором их прессовали с помощью гидравлического пресса под давлением 324 МПа. Часть составов без оксида магния прессовали при давлении 550 МПа. Спрессованные заготовки помещали в тигель на подсыпку из оксида циркония, и подвергали спеканию в печи на воздухе. Изотермическая выдержка при температуре обжига $T = 1320\div 1350^\circ C$ проходила от 2-х до 4-х часов. Полученные керамические образцы материалов имели плотность до 5.5 г/см^3 и удельное электрическое сопротивление до $5 \cdot 10^{11} \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Матричная фаза синтезированных керамик - кристаллическая. Отдельно выросшие кристаллиты встречаются внутри конгломератов вторичной аморфной фазы. Содержание вторичной фазы составляет в различных материалах до 30%, содержание воздушных включений - до 5%. Распределение пор по размерам имеет ассиметричный вид, размер более половины пор меньше 2 мкм. Средней размер конгломератов вторичной фазы равен несколько мкм.

При повышенной температуре спекания ($1340^\circ C$) добавление оксида магния привело к уменьшению размера и количества конгломератов вторичной фазы, чего не наблюдалось при более низких температурах спекания (когда количество вводимого оксида магния незначительно повлияло на относительное содержание вторичной фазы). При количестве оксида лантана $z \geq 0.2$ в соединениях $BaO/((1-z)Sm_2O_3+zLa_2O_3)/5TiO_2$, ширина кристаллитов керамики чуть больше чем при меньшем количестве лантана или его отсутствии в исходной шихте. При максимальном содержании оксида лантана ($z = 0.3$) материал имеет более рыхлую структуру. Изучение керамик с различным содержанием оксида магния в исходной шихте показало, что указанные количества вводимого магния незначительно влияют на форму и размер кристаллитов матричной фазы.

Исследование некоторых материалов в режиме катодолюминесценции показало в структуре керамики наличие областей свечения размером от 1 до 25 мкм, расположенных произвольно по объему материала. Одной из причин этого явления следует считать включения частично восстановленного рутила (TiO_2), входящего в состав исходной шихты материала. При большом увеличении наблюдалось свечение поверхностей столбчатых кристаллитов на дне поры (длина которых в несколько раз больше длины большинства кристаллитов матричной фазы).

Максимальным значением диэлектрической проницаемости при различных технологических режимах (рис. 1) обладают материалы с небольшим количеством вводимого лантана ($z=0.1, 0.15$). Зависимости плотности и диэлектрической проницаемости керамики от температуры спекания имеют одинаковый характер. Для значения добротности этого не наблюдается.

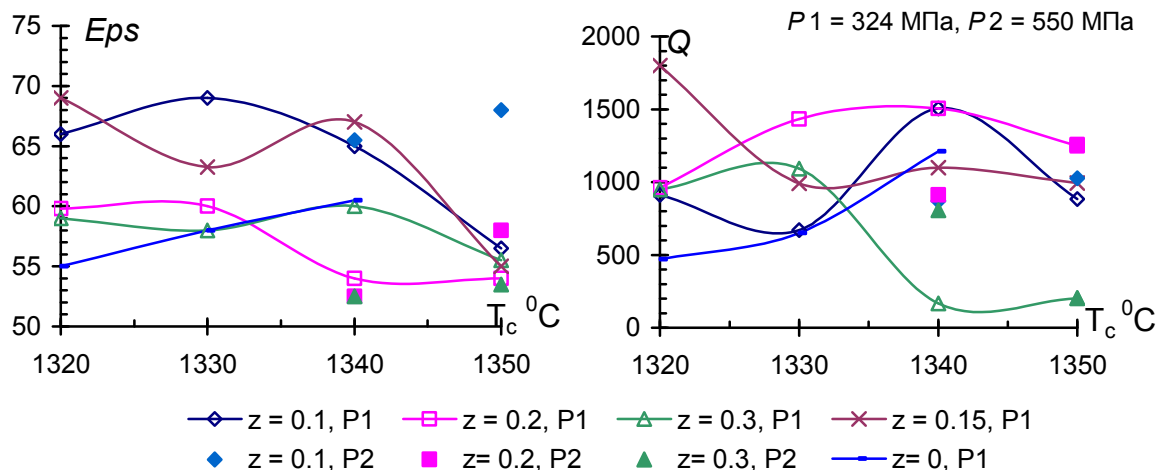


Рис.1 - Значения диэлектрической проницаемости (E_{ps}) и добротности (Q) в диапазоне частот $8 \div 12$ ГГц материалов $BaO/((1-z)Sm_2O_3+zLa_2O_3)/5TiO_2$

При температурах спекания $1330^\circ C$ и $1340^\circ C$ введение оксида магния приводит к уменьшению добротности материалов (рис. 2). Добавление оксида магния в количестве $y = 0.01$ и $y = 0.02$ способствует увеличению диэлектрической проницаемости с ее последующим уменьшением при увеличении количества вводимого оксида магния. При $T_c = 1320^\circ C$ добавление магния приводит к улучшению микроволновых характеристик.

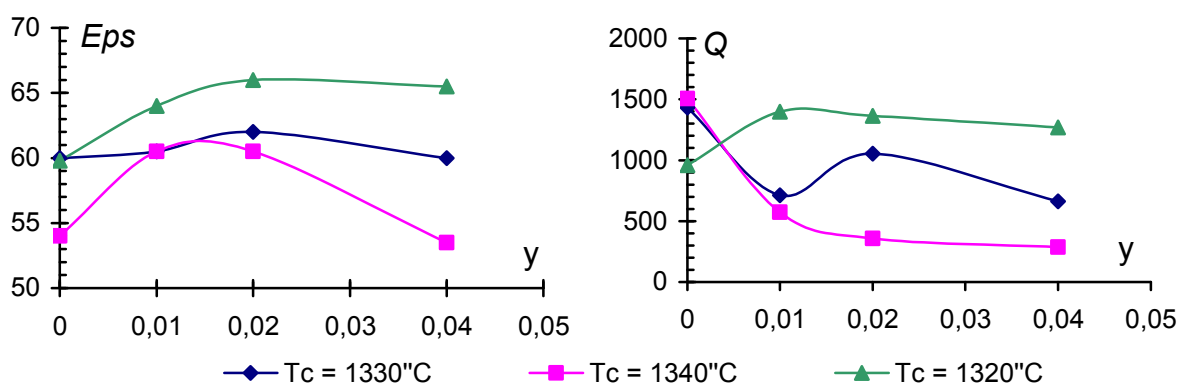


Рис.2- Значения диэлектрической проницаемости (E_{ps}) и добротности (Q) материалов $((1-y)BaO+yMgO)/(0.8Sm_2O_3+0.2La_2O_3)/5TiO_2$ в диапазоне частот $8 \div 12$ ГГц.

Литература

1. Ю.М. Безбородов, Т.Н. Нарытник, В.Б. Федоров Фильтры СВЧ на диэлектрических резонаторах. Киев "Тэхника". 1989. 183 с.