

УДК 666.3.015**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКОГО
МАТЕРИАЛА**

Анастасия Юрьевна Ненилина

Магистр 1 года

кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

Научный руководитель: А.И. Беликов,

*Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в
машиностроении»*

ВВЕДЕНИЕ

LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramic) - технология низкотемпературной совместно обжигаемой керамики, применение которой позволяет увеличить надежность и обеспечить качественно более высокие эксплуатационные характеристики аппаратуры различного назначения. В настоящее время микросхемы в корпусах на основе низкотемпературной керамики успешно применяются в автомобильной и потребительской электронике, телекоммуникациях, спутниковых системах, в военных изделиях для областей высоких и сверхвысоких частот [1].

Базовым материалом для производства многослойных керамических плат по технологии LTCC в России, служит стеклокерамический материал (СКМ), который разработан на АО «НПП «Исток» им. Шокина». В состав СКМ входит многокомпонентное стекло и оксид алюминия. У данного материала существуют два основных параметра, за счет которых он может выполнять требуемые функции, это тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) и диэлектрическая проницаемость (ϵ). Тангенс угла диэлектрических потерь оказывает влияние на рассеяние энергии на СВЧ тракте при работе устройства, а диэлектрическая проницаемость влияет на качество изоляции сигнального тракта от наводимых электрических полей возникающих от элементов других слоев платы, а также извне. Электрофизические параметры материала СКМ представлены в таблице 1.

Таблица 1. Электрофизические параметры СКМ

Параметр	Значение
Диэлектрическая проницаемость ϵ (на 10 ГГц)	$7,2 \pm 0,2$
Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ (на 10 ГГц)	12×10^{-4}

Технология производства LTCC-устройств включает в себя множество операций, каждая из которых сопровождается обязательным контролем. Для проверки заполнения межслойных переходов используется метод рентгеновского контроля. В процессе производства многослойных керамических плат было обнаружено появление областей потемнения на поверхности готовых изделий после проведения проверки при помощи рентгеновского излучения. Для оценки влияния данного вида воздействия на электрофизические параметры СКМ были запланированы и проведены эксперименты.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Облучение рентгеновским излучением образцов проводилось в АО «Научно-исследовательский институт точных приборов» с помощью рентгеновской установки GE Phoenix Micromex. Измерение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь проводилось в АО «НПП «Исток» им. Шокина» на установке «Измеритель модуля коэффициента передачи и отражения Р2М-18». В качестве испытуемых образцов использовался материал СКМ толщиной 50 мкм.

Для исследования возможного влияния рентгеновского излучения на параметры керамики были подобраны различные режимы облучения, которые представлены в Таблице 2. В качестве наиболее существенных входных факторов были выбраны мощность излучения, время облучения и расстояние от трубки до тестового образца.

Таблица 2. Режимы облучения

№	Мощность P, Вт	Время t, мин	Расстояние от излучателя до тестового образца S, мм
1	8	1	10
2	8	2	10
3	9	1	10
4	9	2	10
5	10	1	10
6	10	2	10
7	10	1	30
8	10	2	30
9	15	5	10
10	15	5	10
11	15	5	10
12	8	2	10
13	15	10	10

В качестве выходных параметров принимались диэлектрическая проницаемость (ϵ) керамики и тангенс угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$). Предварительно были измерены значения данных параметров, затем измерения проводились на следующий день после облучения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После облучения ЛТСС-керамики рентгеновским излучением на поверхности всех образцов появились потемнения (рисунок 1).

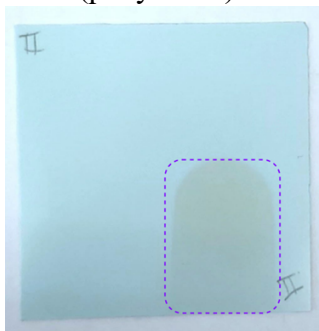


Рисунок 1 – Пример появления области потемнения на образце СКМ №11

Полученные значения параметров керамики до и после проведения облучения представлены в Таблице 3.

Таблица 3. Параметры СКМ до и после облучения

№	До облучения		После облучения		Изменение в %	
	Диэлектрическая проницаемость ϵ	Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta, \times 10^{-4}$	Диэлектрическая проницаемость ϵ	Тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta, \times 10^{-4}$	$\epsilon, \%$	$\text{tg}\delta, \%$
1	6,74	10,8	6,75	12,9	0,1	19,4
2	6,59	14,6	6,55	12,9	0,6	11,6
3	6,73	11,2	6,70	13,8	0,4	23,2
4	6,60	10,7	6,60	12,9	0,0	20,6
5	6,73	10,9	6,70	12,9	0,4	18,3
6	6,70	11,5	6,67	13,2	0,4	14,8
7	6,63	10,9	6,62	13,3	0,2	22,0
8	6,40	12,2	6,37	13,7	0,5	12,3
9	6,86	11,3	6,84	13,4	0,3	18,6
10	7,68	11,8	7,68	13,1	0,0	11,0
11	7,08	11,3	7,07	13,3	0,1	17,7
12	7,53	10,6	7,52	13,5	0,1	27,4
13	6,74	10,7	6,74	13,3	0,0	24,3

В результате проведенных исследований было установлено, что рентгеновское излучение оказывает влияние на характеристики керамики из материала СКМ, изменяя величину тангенса угла диэлектрических потерь, причем данное изменение является необратимым, при этом, изменения диэлектрической проницаемости являются незначительными.

В дальнейшем планируется проведение дополнительных опытов для того, чтобы оценить влияние отдельных параметров рентгеновского излучения на изменение тангенса угла диэлектрических потерь, что позволит подобрать безопасный режим для проведения контроля заполнения межслойных переходов.

Литература

1. Вайман Д. А. Исследование технологических аспектов формирования трехмерных структур с маталлизационными слоями из Itcc керамики // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2017. – №. 1. – С. 31.