

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ СОВРЕМЕННЫХ LTCC МАТЕРИАЛОВД.А. Пашков, Д.О. Тютюнькова

Научный руководитель: профессор, д.т.н. В.М. Погребенков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: pashk@tpu.ru**FEATURES OF THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF MODERN LTCC MATERIALS**D.A. Pashkov, D.O. Tyutyunkova

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.M. Pogrebenkov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: pashk@tpu.ru

Annotation. Many domestic electronics manufacturers use foreign LTCC materials in the absence of the Russian counterpart. Identification of the composition and structure of the materials is the first step in the development of LTCC material. Ceramic materials of DuPont and Ferro companies were researched in this work. The microstructure, consist and physical properties of the co-firing process were identified by the X-ray and microscope analysis. The components of foreign LTCC materials were identified as glass and corundum compositions with average particle size of 1-3 microns.

Для современных отечественных производителей электронных изделий широкой практикой стало использование зарубежных LTCC материалов. LTCC технология, сочетающая в себе возможности комбинирования и трехмерного моделирования материалов, позволяет при относительно низких температурах спекания (850-900°C) получать монолитные структуры материалов для использования в устройствах, работающих при высоких и сверхвысоких частотах. На отечественном рынке технической керамики сейчас существуют крупные производители высокотемпературной керамики НТСС, стеатитовой и форстеритовой керамики, которые конкурируют с аналогами зарубежных производителей и удовлетворяют потребности оборонного и космического комплекса. Однако производителей низкотемпературной керамики в России нет. Целью данной работы являлось исследование состава и структуры керамических лент низкотемпературной керамики современных мировых производителей для выявления материалов, которые в перспективе могли бы выступить в качестве основы отечественного материала LTCC.

Для исследования были выбраны два различных вида керамических лент, свойства которых указаны в таблице 1. Лента под номером 951 один из самых популярных LTCC материалов ("green tape"), производимых компанией DuPont [1]; лента L8 - продукт компании Ferro [2]. Оба поставщика предоставляют большой выбор золотых и серебряных паст металлизации, однако в ходе работы были использованы только сырые материалы, без металлизации и брикетирования. Толщина исследуемых образцов составляла: 165 мкм – для DuPont 951, 115 мкм – для Ferro L8.

Таблица 1

Свойства исследуемых керамических лент

№	Свойства	DuPont 951	Ferro L8
	Физические		
1.	Усадка по осям X,Y (%)	12,7±0,3	13
2.	Усадка по оси Z (%)	15±0,5	17
3.	ТКЛР (от 25 до 300°C), $\cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	5,8	6
4.	Плотность, г/см ³	3,1	3,1
5.	Теплопроводность, Вт/м*К	3,3	3
6.	Предел прочности на изгиб, МПа	230	275
	Электрические		
7.	Константа диэлектрической проницаемости (при 3ГГц)	7,8	7,3
8.	Тангенс угла диэлектрических потерь (при 3ГГц)	0,006	не указывается

В ходе работ исследуемые образцы сырых пленок были подвергнуты термическому анализу на синхронном термическом анализаторе Neizch STA449 F3 Jupiter, анализу микроструктуры на сканирующем электронном микроскопе JEOL JCM – 6000 и рентгенофазовому анализу на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD-7000S. Керамические пленки обжигались на корундовых подложках в муфельной печи в окислительной атмосфере в соответствии с температурными режимами рекомендованными производителями. Для спеченных образцов провели анализ структуры, определили ТКЛР на оптическом dilatометре Neizch DIL 402 PC, а также определили особенности физико-химических превращений, происходящих в процессе обжига.

Результаты исследования микроструктуры образцов необожженных пленок отображены на рисунках 1 и 2. Гранулометрический состав порошков исходных материалов представлен в широком диапазоне от 0,2-1 мкм до 5-7 мкм. По результатам рентгенофазового и элементного анализа исходные материалы представляют собой порошки оксида алюминия и стекол различных составов. Стеклокомпоненты пленки DuPont 951 представлены оксидами группы $\text{PbO-CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$, однако стекла аналога Ferro L8 представлены бессвинцовым стеклом $\text{BaO-TiO}_2\text{-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$.

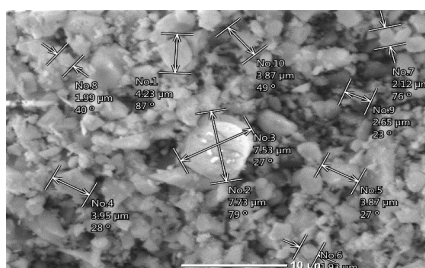


Рис. 1. Микроструктура пленки DuPont 951

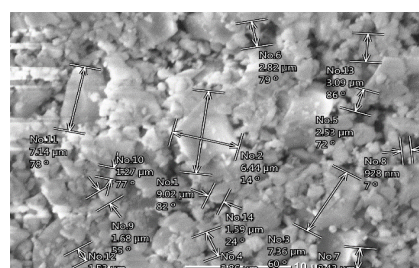


Рис. 2. Микроструктура пленки Ferro L8

Спеченные образцы керамики представляют собой структуры без открытых пор, поверхность которых составлена зернами оксида алюминия размером 2-5 мкм, окруженными монолитным слоем стеклокомпонентов. Структура спеченных LTCC образцов представлена на рисунках 3 и 4. В соответствии с результатами рентгенофазового анализа в процессе обжига для образца DuPont 951 происходят процессы спекания и кристаллизации анортита $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-2SiO}_2$, а для Ferro L8 – процессы

«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК»

спекания и одновременной кристаллизации цельзиана $\text{BaO-Al}_2\text{O}_3\text{-2SiO}_2$ и волластонита CaO-SiO_2 . По результатам проведенного исследования линейное расширение керамических лент выше представленного в документации продуктов: $7,448 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ для DuPont 951 (выше на 28,4 %) и $7,358 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ для Ferro L8 (выше на 22,6 %). Результаты синхронного термического анализа подтверждают процесс кристаллизации в обоих пленках при нагреве свыше 800°C .

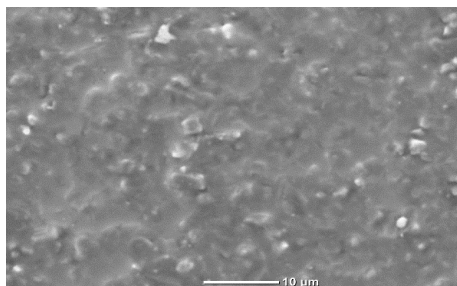


Рис. 3. Структура спеченного образца DuPont 951

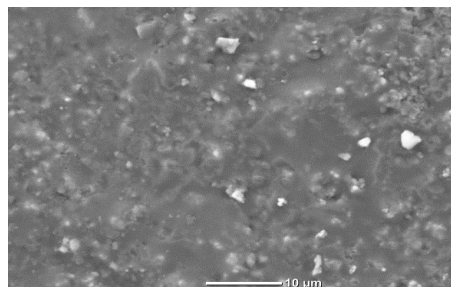


Рис. 4. Структура спеченного образца Ferro L8

Выводы. В соответствии с полученными результатами исследования можно утверждать, что образцы LTCC материалов мировых производителей представлены композициями стекла и оксида алюминия. Сырые ленты представлены органическими материалами, применяемыми в формовании керамических пленок: пленкообразователями, пластификаторами и диспергаторами, что подтверждено результатами синхронного термического анализа. Российский рынок химических материалов широко представлен данными веществами, что делает весьма доступным LTCC технологию для отечественных производителей. Керамический и стекольный наполнители для материала, который будет в дальнейшем работать в сверхзвуковом диапазоне частот, несомненно должны быть особой степени очистки. Оксид алюминия на российском рынке представлен компанией РУСАЛ и доступен в виде глинозема специальных марок. Компоненты для синтеза стекол на основе Si-Ba-Pb-Na-K могут быть использованы как в оксидной форме, так и в виде соединений, представленных на российском рынке химических веществ марок Ч, ЧДА, ХЧ. Порошки для керамических композиций должны состоять из частиц размером 1-2 мкм, допускается незначительное содержание фракций 3-7 мкм.

Керамические материалы на основе LTCC систем могут стать важной частью обеспечения потенциала развития электронной техники России и могут быть синтезированы из отечественных сырьевых материалов при проведении ряда дальнейших исследований по составлению стеклокомпозиций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. DuPont 951 Product Data Sheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dupont.com/content/dam/assets/products-and-services/electronic-electrical-materials/assets/datasheets/prodlib/951.pdf>. – 25.02.15.
2. Ferro L8 Product Data Sheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ferro.com/non-cms/ems/EPM/content/docs/L8%20LTCC%20System.pdf>. – 25.02.15.