

## УДК 666.3.015.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ LTCCХохлун Святослав Андреевич<sup>(1)</sup>Студент 4 курса<sup>(1)</sup>.

кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет

Научный руководитель: С.В. Сидорова,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в  
машиностроении»

LTCC (Low-Temperature Co-fired Ceramic) представляет собой передовую технологию в области производства диэлектрических подложек и корпусов, используемых в электронной промышленности. Данная технология обеспечивает создание многослойных структур с высокими диэлектрическими свойствами, необходимыми для микроэлектроники, СВЧ устройств и медицинских приборов. LTCC выделяется своей способностью к интеграции различных компонентов в компактные и высокопроизводительные изделия, что делает ее идеальным выбором для разработки инновационных многофункциональных систем. Геометрические параметры играют решающее значение при проектировании и разработке многослойных электронных схем на основе LTCC [1–8].

Целью работы является создание математической модели зависимости геометрических параметров от режимов формирования изделий на основе LTCC.

В работе кратко рассмотрены этапы производственной технологии (рисунок) и выделены ключевые операции, которые могут повлиять на усадку. А также проведена серия экспериментов по ионному травлению уже спеченных стеков LTCC. Целью данных исследований являлось увеличение адгезии для более плотного нанесения дополнительной металлизации.

Этап 1 (изготовление «сырых» листов керамики)



Этап 2 (формирование трехмерной интегральной системы)



Типовой технологический маршрут изготовления LTCC

Был проведен полный факторный эксперимент и получены регрессионные зависимости, описывающие изменение линейной усадки LTCC при изменении режимов изостатического прессования LTCC, а так же изменение угла смачивания при применении в качестве постобработки после отжига – плазменного травления в низковакуумной газовой среде с содержанием кислорода.

Данные исследования могут оказать значительное влияние на развитие высокоточного производства на базе низкотемпературной керамики, а так же снизить затраты на производство, путем снижения количества отбракованных партий.

### **Литература**

1. *Pomero M.* (ed.). Encyclopedia of materials: technical ceramics and glasses. – Elsevier. – 2021.
  2. *Кондратюк Р.* Деформация LTCC – изделий в процессе обжига. – Вектор высоких технологий. – 2016. – №5 – С. 48 – 55.
  3. *Richard E. Mistler, Eric R. Twiname.* Tape Casting theory and practice – The American Ceramic Society. – 2000. – 293 p.
  4. *Черных В., Чигиринский С.* Направления развития изделий из специальной керамики для производства электронной техники в России – Технологии электронной промышленности. – 2012. – №4. – С. 176-182.
  5. *Чигиринский С.* Особенности и преимущества производства многослойных структур на основе керамики (LTCC, HTCC, MLCC) – Компоненты и технологии. – 2009. – №11. – С. 130-131.
  6. *King A.G.* Ceramic technology and processing – William Andrew Publishing. – 2002. – 512 p.
  7. *Панфилова Е.В.* Учебное пособие “Техника эксперимента в электронике и нанoeлектронике” – Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 50 с.
  8. *Хохлун С.* Низкотемпературная многослойная керамика для изделий электроники. – Всероссийская научно-техническая конференция студентов “Студенческая научная весна: Машиностроительные технологии”. – 2023. – С. 2
-