

## ТЕПЛОФИЗИКА И ГИДРОДИНАМИКА

УДК 621.3.049.7; 519.876.5

DOI: 10.17223/00213411/68/12/17

**Численное моделирование отвода летучих компонентов при обжиге металлокерамических корпусов для интегральных микросхем\***

И.А. Жуков<sup>1</sup>, А.Ю. Крайнов<sup>1</sup>, К.М. Моисеева<sup>1</sup>, Е.В. Ермолаев<sup>2,3</sup>,  
Р.Ш. Ахметгалиев<sup>1,2</sup>, В.А. Егошин<sup>1,2,3</sup>, Ш.Н. Шугаев<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия*

<sup>2</sup> *АО «Завод полупроводниковых приборов» (АО «ЗПП»), г. Йошкар-Ола, Россия*

<sup>3</sup> *Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Россия*

Проведено численное моделирование процесса удаления летучих компонентов из пористого пространства под керамической платой и из области над керамической платой, прикрытой шероховатой пластинкой-грузиком при обжиге металлокерамических плат. Задача решалась с использованием пакета ANSYS Fluent. В качестве предположения принято, что шероховатость описывается структурированным набором конусов различной высоты. Показано, что увеличение высоты пиков шероховатости приводит к снижению избыточного давления над и под керамической платой.

**Ключевые слова:** численное моделирование, шероховатость, удаление летучих компонентов, металлокерамические платы, давление газа.

**Введение**

Изготовление металлокерамических изделий из высокотемпературной керамики для микроэлектроники, в том числе металлокерамических корпусов (МКК) для интегральных микросхем, включает в себя множество этапов, начиная от подготовки материалов и получения шликерных масс и заканчивая финишным покрытием.

Как известно, при изготовлении металлокерамических корпусов, многокристалльных модулей, подложек, нагревательных элементов, керамических оснований для оптоэлектроники и фоточувствительных элементов, а также других изделий из высокотемпературной керамики для электроники и электротехники важной стадией является получение керамической платы, представляющей собой до процесса спекания монолитную многослойную структуру, которая затем спекается в специальных печах по заданной термограмме процесса спекания в среде формирующего газа. На этом этапе из многослойной структуры удаляются органические вещества, происходит разложение отдельных компонентов, структурно-фазовые превращения и, в конечном итоге, спекание частиц керамики. В результате этих процессов линейные размеры заготовки (платы) существенно уменьшаются (более 10%), а в некоторых случаях ввиду неоднородности многослойной структуры (плотность топологии, неоднородность материала, разнотолщинность и т.д.) происходит деформация плат на недопустимые для дальнейшего использования величины. Для исключения или уменьшения деформации плат спекание плат проводится в естественном состоянии путем применения плоской подложки с заданной шероховатостью из тугоплавких металлов (Nb, Mo, Ta, W или Re). В качестве грузов под размер спекаемой заготовки используют керамические пластинки, которые благодаря своему весу препятствуют сильным деформациям заготовок при спекании. Кроме того, процесс спекания осуществляется медленно для обеспечения квазистационарного процесса удаления летучих компонентов из материала заготовок плат в казиизотермических условиях.

Одной из причин возникновения деформаций заготовок плат в процессе спекания может служить неравномерное выделение летучих компонентов из материалов заготовки платы. Неравномерность возникает из-за увеличенного сопротивления выхода летучих компонентов в пористом

\* Работа выполнена в рамках государственного задания № FSWM-2025-0010 «Физико-химические закономерности формирования структурно-фазового состояния и физико-механических свойств композиционных керамических материалов, стойких к интенсивным термомеханическим воздействиям и износу».