

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Сафаров Р. В.

Ланин В. Л. – д-р. техн. наук, профессор

В различных отраслях промышленности (медицинской, автомобильной и др.), а также в космической и военной технике, широко используются корпуса из низкотемпературной керамики (Low Temperature Cofired Ceramics – LTCC) и высокотемпературных отожженных керамических модулей (High Temperature Cofired Ceramics – HTCC). Примеры многослойных металлокерамических корпусов из высокотемпературной керамики представлены на рисунке 1.

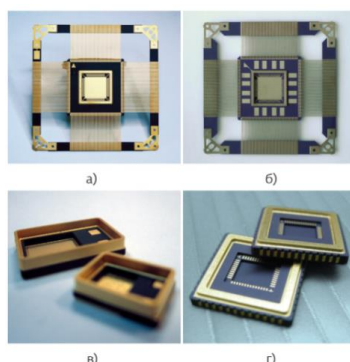
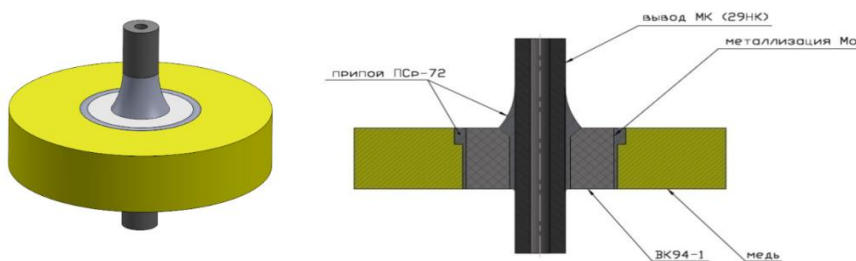


Рис.1 – Конструкции многослойных металлокерамических корпусов из высокотемпературной керамики: а – 240-выводной корпус типа 4 по ГОСТ 17467–88; б – 256-выводной корпус типа 4 по ГОСТ 17467–88; в – корпус серии SMD; г – 48-выводной корпус подтипа 51 по ГОСТ 17467–88

Металлокерамический узел (МКУ) – это неразъемное соединение деталей из металла и керамики, обычно получаемое пайкой. Подобные узлы широко применяются в приборостроительной, радиоэлектронной, электронной промышленности для изготовления корпусов интегральных схем и других изделий. Пайка металлокерамических узлов выполняется в конвейерной водородной печи с градиентом температуры 10-15°С/мин на стадии перехода припоя из жидкого состояния в твердое.

Из-за того, что пайка проходит при повышенных температурах, а материалы МКУ обладают различным коэффициентом теплового расширения, то после пайки и охлаждения изделия в нем возникают термомеханические напряжения. Целью моделирования является определение зон возникновения термомеханических напряжений в МКУ и разработка рекомендаций по их уменьшению. Особое внимание уделяется напряженно-деформированному состоянию керамической детали, как наиболее хрупкой части узла [1]. Общий вид и структура МКУ показаны на рисунке 2 (а,б).



а) б)
Рис. 2 – Металлокерамический узел: а) - общий вид; б) - структура

Для моделирования выбрана сетка преимущественно из квадратных и треугольных элементов второго порядка (с промежуточными узлами) PLANE183. Размер базового элемента принят $8e^{-2}$ мм, для деталей припоя и части детали из ковара задан размер элемента $5e^{-3}$ мм (рисунок 3). Единственной нагрузкой было равномерное температурное поле ($T_1=20$ С), т.е. предполагаемая температура хранения и эксплуатации МКУ. Начальная температура (температура, при которой напряжения были нулевыми) была $T_0=800$ С.

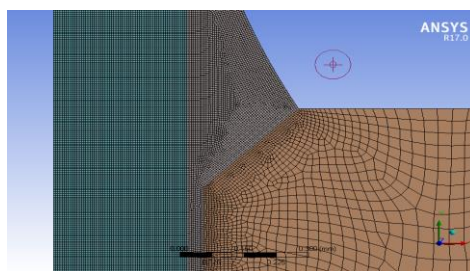
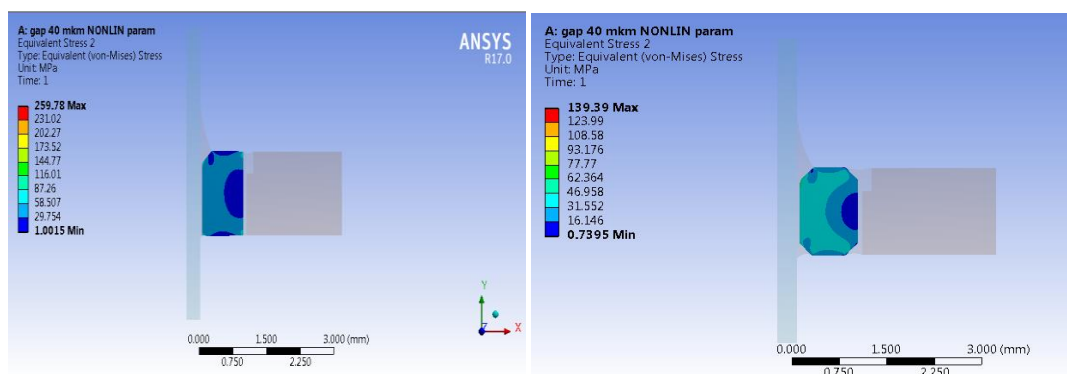


Рис. 3 –Фрагмент расчетной сетки

Инструменты ANSYS Mechanical для анализа деформируемых твердых тел предлагают широкий набор возможностей, которые позволяют выполнять моделирование термомеханических напряжений [2]. Для расчета термомеханических напряжений и деформаций использованы соответствующие уравнения термоупругости [3]. На рисунке 4,а показаны напряжения в керамической детали для зазора в 40 мкм исходного варианта. На рисунке 4,б показаны напряжения в керамической детали для зазора 40 мкм варианта МКУ с фасками.



а)

б)

Рис. 4 – Эпюры напряжений для керамической детали в МКУ:
а) – вариант МКУ без фасок; б) – вариант МКУ с фасками

Сравнение зависимостей максимальных эквивалентных напряжений в керамической детали от величины зазора для пайки приведено на рисунке 5. Видно, что для варианта с фасками значения напряжений существенно ниже.

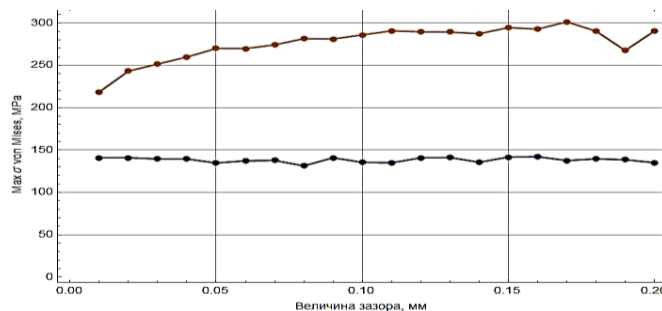


Рис. 5 – Зависимости максимальных эквивалентных напряжений в керамической детали от величины зазора для двух вариантов геометрии МКУ

Выполнено параметрическое исследование зависимости максимальных эквивалентных напряжений в керамической детали от зазора для пайки, где величина зазора между деталью из ковара и керамикой варьировалась в пределах 10–200 мкм. Выявлены зависимости напряжений от величины зазора между деталью из ковара и керамикой, а также зависимости напряжений для варианта с фасками. Сделан вывод о том, что вариант с фасками в МКУ более предпочтителен для применения ввиду сниженных значений термомеханических напряжений, возникающих в керамических деталях. Пониженные напряжения снижают риск образования и распространения трещин, что, несомненно, благоприятно сказывается на сроках и допустимых режимах эксплуатации МКУ.

Список использованных источников:

1. Солодуха, В.А. Металлокерамические корпуса мощных полупроводниковых приборов / В. А. Солодуха, А. С. Турцевич, А. Ф. Керенцев. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2010. – 216 с.
2. Басов, К. А. ANSYS для конструкторов / К.А. Басов. — М.: ДМК Пресс, 2009. — С. 248.
3. Sharcnet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/16.2.3/en-us/>