

УДК 004.6

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ BIG DATA ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОРПУСАХ МНОГОКРИСТАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ



В.Л. Ланин

Профессор кафедры электронной техники и технологии, доктор технических наук, профессор



Р.В. Сафаров

Магистрант кафедры электронной техники и технологии

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: vlanin@bsuir.by, skysing3@gmail.com*

Аннотация. В данной статье описывается применение технологии Big Data для моделирования в программном пакете Ansys Workbench термомеханических напряжений в корпусах многокристалльных модулей. Это значительно повышает эффективность работы и даёт возможность решать нетривиальные задачи в этой сфере. Big Data объединяют технику и технологию моделирования, которые извлекают смысл из данных на экстремальном пределе практичности.

Ключевые слова: технологии обработки больших объемов данных, моделирование, термомеханические напряжения, многокристалльные модули, корпуса.

Использование технологий Big Data для моделирования в программном пакете Ansys Workbench значительно повышает эффективность работы и даёт возможность решать нетривиальные задачи в этой сфере. Big Data объединяют технику и технологию моделирования, которые извлекают смысл из данных на экстремальном пределе практичности [1].

Тем не менее Big Data предполагают нечто большее, чем просто анализ и обработку огромных объемов информации. Проблема не в том, что организации создают огромные объемы данных, а в том, что большая их часть представлена в формате, плохо соответствующем традиционному структурированному формату БД, — это веб-журналы, видеозаписи, текстовые документы или, например, машинный код. Всё это хранится во множестве разнообразных хранилищ, иногда даже за пределами организации. В результате корпорации могут иметь доступ к огромному объему своих данных и не иметь необходимых инструментов, чтобы установить взаимосвязи между этими данными и сделать на их основе значимые выводы. Добавьте то обстоятельство, что данные сейчас обновляются все чаще и чаще, и вы получите ситуацию, в которой традиционные методы анализа информации не могут угнаться за огромными объемами постоянно обновляемых данных, что в итоге и открывает дорогу технологиям больших данных.

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) [2].

В производстве корпусов полупроводниковых приборов применяют высокотемператур-

ные припои с температурой плавления более 450°C. Однако не все припои можно использовать при изготовлении МКУ с высокими требованиями по вакуумной плотности. Для исключения разрушения паяных соединений на стадии эксплуатации МКУ припои должны удовлетворяют следующим требованиям [3]:

- обладать хорошей жидкотекучестью и высокой смачивающей способностью для обеспечения затекания припоя в зазоры между деталями;
- иметь температуру плавления не менее чем на 50–60°C ниже температуры плавления паяемых металлов и не менее чем на 100°C выше технологической температуры прогрева прибора в процессе сборки;
- иметь малый температурный интервал кристаллизации, так как сплавы с интервалом кристаллизации более 50°C склонны к ликвации и не обеспечивают получение надежных вакуумноплотных паяных соединений;

Важную роль в процессе изготовления металлокерамических корпусов играет температурный режим пайки, который влияет не только на растекание припоя, но и на образование термомеханических напряжений в металлокерамическом спае, вызывающих возникновение микротрещин в керамике. Из-за того, что пайка обычно проходит при повышенных температурах (относительно типичных температур эксплуатации и хранения изделия), а материалы металлокерамического узла обладают различным коэффициентом теплового расширения (КТЛР), то после пайки, при охлаждения изделия, в нем возникают повышенные термомеханические напряжения [4]. Примеры многослойных металлокерамических корпусов из высокотемпературной керамики представлены на рис. 1.

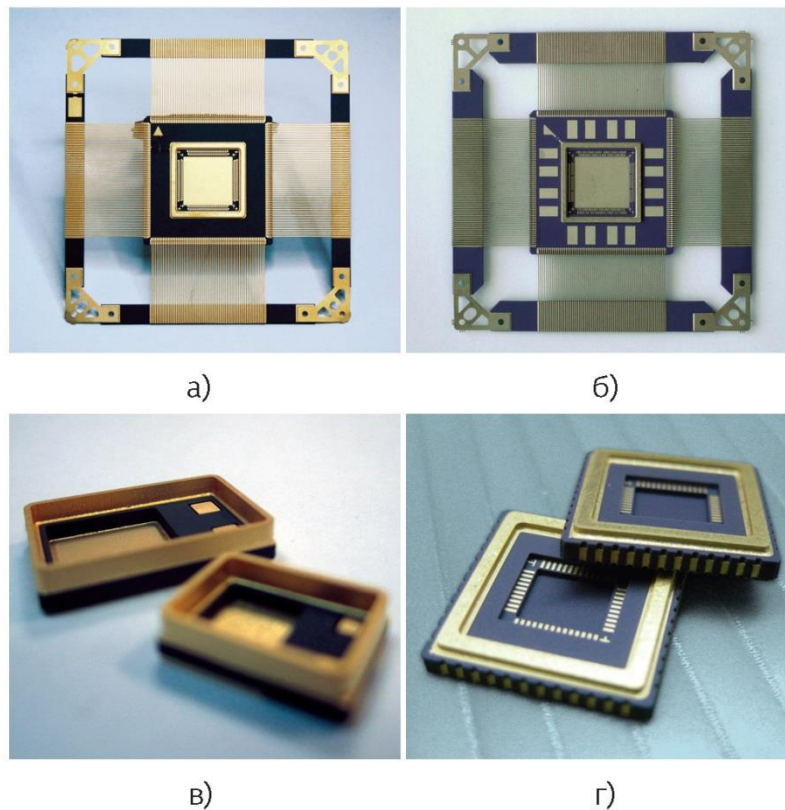


Рисунок 1. Примеры многослойных металлокерамических корпусов из высокотемпературной керамики: а – 240-выводной корпус типа 4 по ГОСТ 17467–88; б – 256-выводной корпус типа 4 по ГОСТ 17467–88; в – корпус серии SMD; г – 48-выводной корпус подтипа 51 по ГОСТ 17467–88

Целью моделирования является определение зон возникновения наибольших термомеханических напряжений в МКУ. Особое внимание уделяется напряженно-деформированному состоянию (НДС) керамической детали, как наиболее хрупкой части узла (рис. 2).

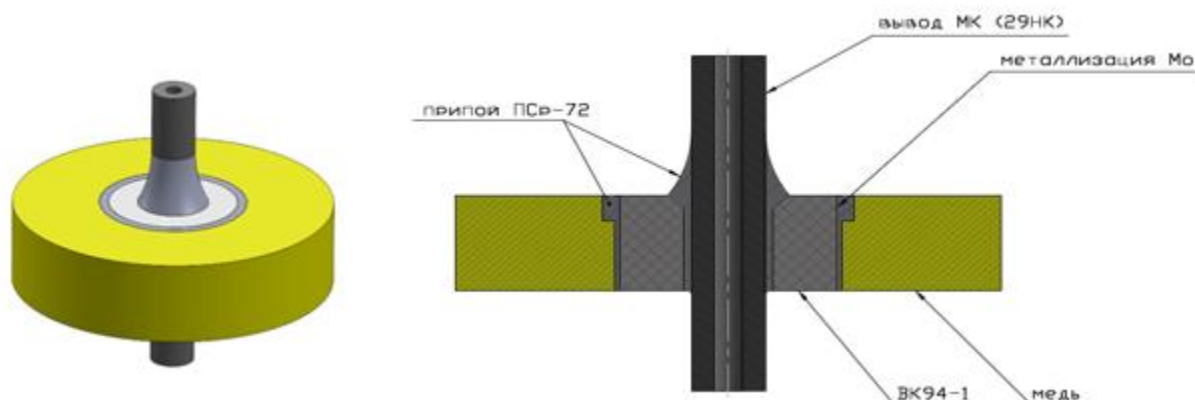


Рисунок 2. Общий вид и структура металлокерамического узла

Для моделирования в среде ANSYS Mechanical выбрана сетка преимущественно из квадратных и треугольных элементов второго порядка (с промежуточными узлами) PLANE183 [5]. Размер базового элемента принят $8 \cdot 10^{-2}$ мм, для деталей припоя и части детали из ковара задан размер элемента $5 \cdot 10^{-3}$ мм (рис. 3). Выбрано равномерное температурное поле ($T_1=20^\circ \text{C}$) как температура эксплуатации МКУ и начальная температура, при которой напряжения были нулевые, выбрана $T_0=800^\circ \text{C}$. Чтобы избежать перемещения тела как жесткого целого, были ограничены перемещения вдоль оси Y самой правой точки узла.

Достаточно большая величина внутренних напряжений выявлена на границе вывода МКУ с молибденовой металлизацией.

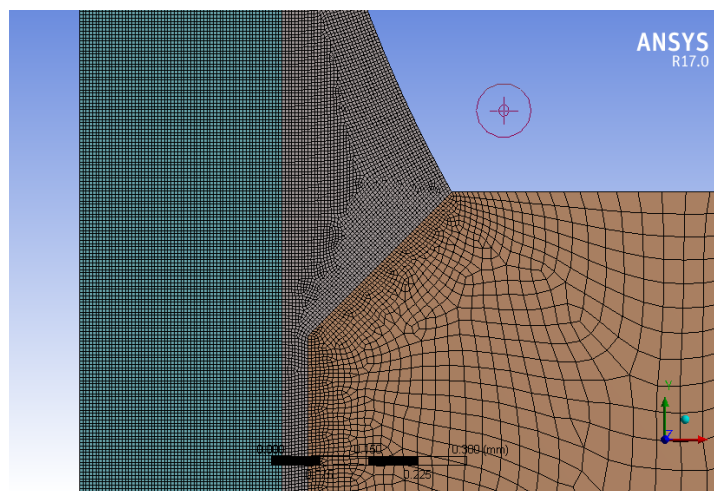


Рисунок 3. Фрагмент расчетной сетки

Величины деформации и механические напряжения в МКУ для зазора 40 мкм исходного и доработанного вариантов приведены на рис. 4–5. Предложено изменить конструкцию МКУ за счет введения фасок при формировании металлизации.

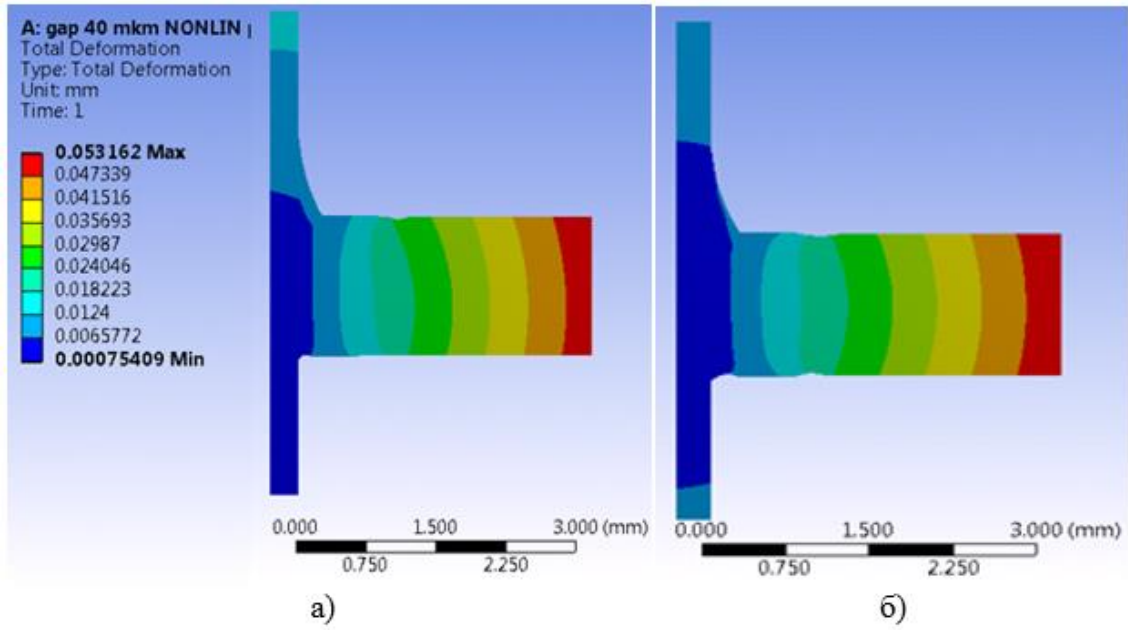


Рисунок 4. Эпюры механических смещений в МКУ исходного варианта (а) и с фасками (б)

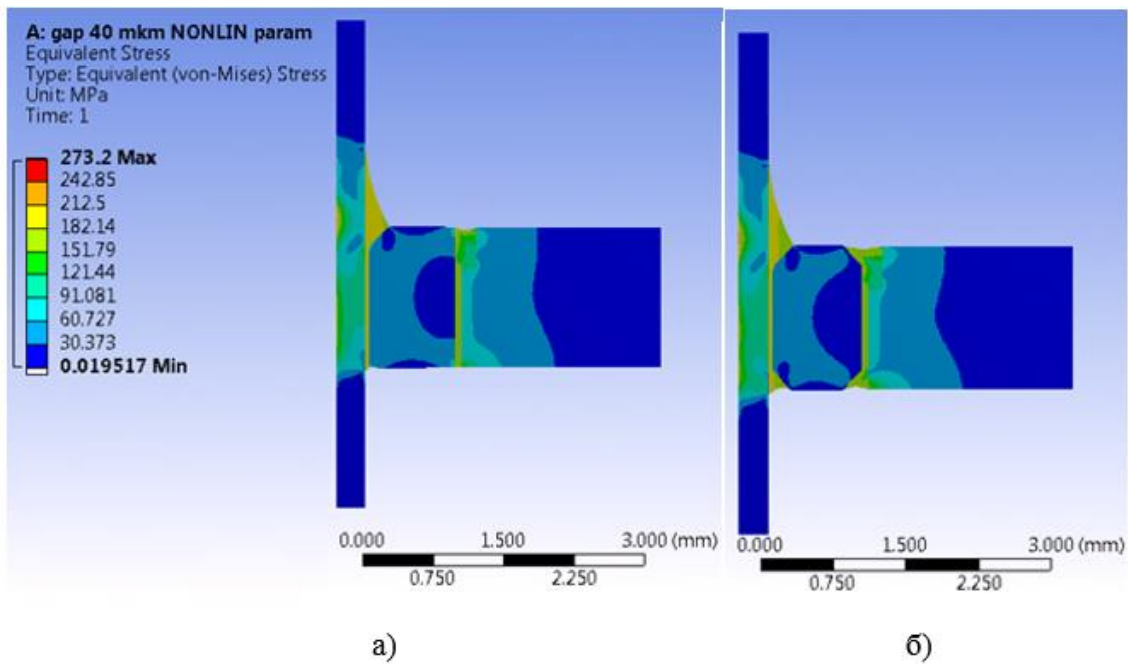


Рисунок 5. Эпюры напряжений в МКУ исходного варианта (а) и с фасками (б)

Параметрическое исследование зависимости максимальных эквивалентных напряжений в керамической детали от зазора между деталью из ковара и керамикой в пределах 10–200 мкм показало, что с ростом величины зазора для пайки и увеличением массы припоя в соединении, внутренние напряжения в керамической детали растут (рис. б). Для варианта с фасками значения напряжений существенно ниже.

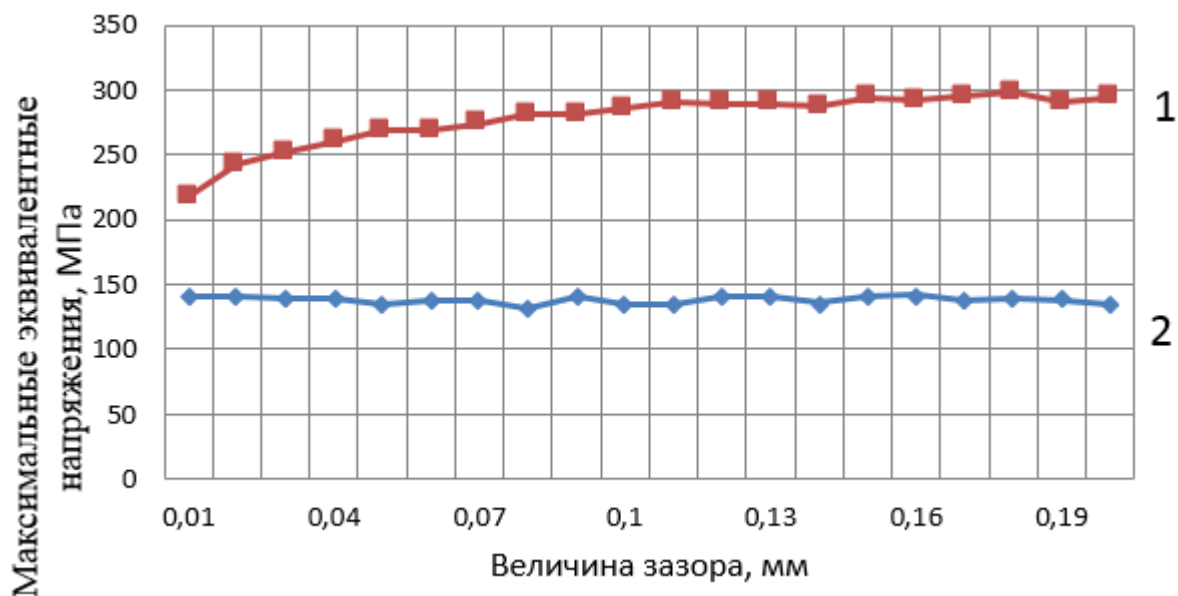


Рисунок 6. Зависимости максимальных эквивалентных напряжений в керамической детали от величины зазора для двух вариантов геометрии МКУ: 1 – вариант геометрии без фасок; 2 – вариант геометрии с фасками.

Для получения вакуумноплотных спаев с коваром необходимо производить отжиг деталей для снижения внутренних напряжений, паять при температуре, не более чем на 20–30°C, превышающей температуру плавления припоя. Перед пайкой детали из ковара необходимо никелировать при толщине покрытия 10–15 мкм с последующим отжигом при температуре 950°C. Для устранения проникновения жидкой фазы по границам зерен ковара целесообразно применять золотые или медно-германиевые припои. Пайку этими припоями можно производить без предварительного нанесения покрытия на детали из ковара.

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 долговечности эксплуатации МКУ.

Список литературы

- [1]. Habrahabr [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/hub/bigdata>. –Дата доступа 12.03. 2018.
- [2]. Электроника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.electronics.ru/files/article_pdf/2/article_2785_667.pdf. –Дата доступа 12.03. 2018.
- [3]. 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.
- [4]. Ланин, В.Л. Факторы, влияющие на герметичность мощных транзисторов в металlostеклянных и металлокерамических корпусах / В.Л. Ланин, А.Ф. Керенцев, Я.А. Соловьев // Силовая электроника. – 2010. – № 1.– С. 106–111.
- [5]. Басов, К. А. ANSYS для конструкторов /К.А. Басов. — М.: ДМК Пресс, 2009. — 248 с.

APPLICATION BIG DATA TECHNOLOGIES FOR MODELING OF THERMOMECHANICAL STRESS IN MULTICRYSTAL MODULES PACKAGES

V.L. LANIN,
Doctor of Engineering Sciences
Professor of department of the
electronic equipment and
technology of the BSUIR

R. V. SAFAROV
Master student
of the Belarusian State
University of Informatics
and Radioelectronics

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
E-mail: vlanin@bsuir.by, skysing3@gmail.com

Abstract. This paper describes use of Big Data technologies for modeling in the software package Ansys Workbench thermomechanical stress in multicrystal modules packages. It significantly improves the efficiency of work and allows solving non-trivial tasks in this area. «Big Data» combines techniques and technologies that make sense from data at the extreme limit of practicality.

Key words: Big Data technology, modeling, thermomechanical stress, multicrystal modules, packages