

### Технологии формирования 3D-микросборок

#### 1. Условия задачи

Произвести компьютерное моделирование технологии формирования 3D-микросборок кристаллов процессора и оперативной памяти.

#### 2. Техническое задание

Моделирование технологического процесса провести дистанционно на предоставленном программном обеспечении. Требования к персональному компьютеру: с браузером Edge/Chrome/Firefox/Opera и эквивалентные с выпуском не ранее 2019 г., 2ГГц, 2 ГБ, ~15МБ диска для кэширования моделей, видеокарта или процессор с поддержкой OpenGL.

На рис.1 представлена 3D-микросборка из двух кристаллов микросхем.

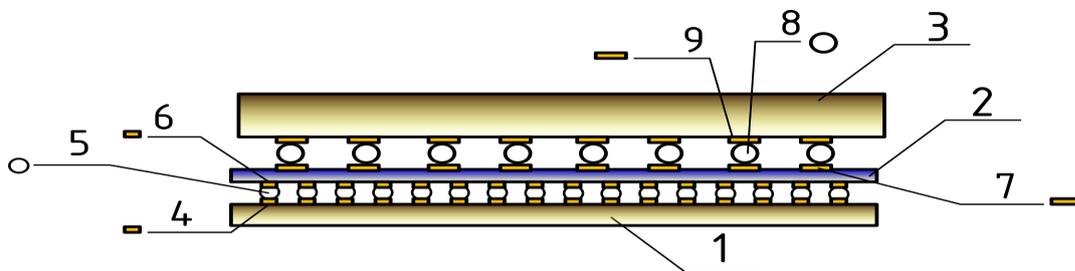
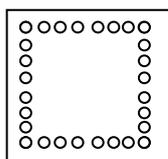


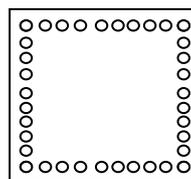
Рис. 1. Модель устройства с трёхмерной интеграцией: 1 – кристалл процессора (нижний), 2 – переходная плата (интерпозер), 3 – кристалл памяти (верхний), 4 – контактные площадки кристалла процессора, 5 – шариковый вывод кристалла процессора диаметром 50 мкм, 6 – контактная площадка интерпозера нижняя, 7 – контактная площадка интерпозера верхняя, 8 – шариковый вывод кристалла памяти диаметром 75 мкм, 9 – контактная площадка кристалла памяти

Модель 3D-микросборки должна представлять собой трёхмерную конструкцию, состоящую из кристалла процессора 1 с габаритными размерами 5 x 5 x 0,75 мм, кристалла памяти 3 с габаритными размерами 3 x 3 x 0,75 мм, соединённых между собой при помощи переходной платы (интерпозер) 2 с размерами 5 x 5 x 0,5 мм.

Кристалл памяти имеет 28 выводов, расположенных по сторонам квадрата с постоянным шагом, кристалл процессора имеет 36 выводов, расположенных по сторонам квадрата с постоянным шагом. Интерпозер 2 имеет верхние контакты со сквозными отверстиями межконтактной разводки, повторяющие по центрам геометрию выводов кристалла памяти и нижние контакты со сквозными отверстиями межконтактной разводки, повторяющие по центрам геометрию выводов кристалла процессора.



Расположение выводов кристалла памяти



Расположение выводов кристалла процессора

Рис.2 Расположение выводов кристаллов памяти и процессора

**Московская предпрофессиональная олимпиада школьников**  
**Заключительный этап**  
**Кейсовые задачи**  
**Технологическое направление. Технологический профиль**

---

Для соединения должны использоваться шариковые выводы 5 и 8, которые устанавливаются на контактных площадках 4 и 9 верхнего и нижнего кристаллов соответственно.

Контактные площадки кристаллов должны располагаться на подложке непосредственно над выводом кристалла. Контактные площадки интерпозера должны располагаться непосредственно над предварительно сформированными контактами со сквозными отверстиями межконтактной разводки интерпозера. При моделировании процесса формирования контактной площадки предусмотреть создание базовой металлической основы с размером и геометрией, обеспечивающими надёжную посадку шариковых выводов, с последующим нанесением металлических сплавов для обеспечения адгезии, смачивания припоем, защиты от окисления в процессе пайки.

Моделирование установки шариковых выводов на подготовленные контактные площадки производить последовательно с рассчитанным шагом по периметру квадратов размещения выводов кристаллов. Моделирование совмещения кристаллов и интерпозера проводить визуально.

При моделировании процесса пайки задаются рассчитанные параметры технологического процесса, которые должны обеспечить надёжный контакт с шариковыми выводами, механическую прочность и, по завершении процесса пайки, зазор между интерпозером и кристаллами не менее 30 мкм.

Моделирование заполнения пространства между кристаллами и интерпозером проводить с использованием выбранного наполнителя рассчитанной вязкости. Качественные параметры состава наполнителя должны обеспечить полное заполнение пространства между шариковыми выводами, отсутствие пустот и механических напряжений в ходе отвердевания.

Провести моделирование рентгеноструктурного анализа по результатам проведения технологического процесса изготовления микросборки.

### ***3. Регламент исполнения модели***

Запустить модель по ссылке <https://dt.miet.ru/bump/> на исполнение в пошаговом режиме, руководствуясь комментариями на экране. Перед запуском каждой из технологических операций ввести заранее выбранные материалы, рассчитанные параметры и режимы. Наблюдать визуально исполнение технологических операций на мониторе компьютера. В случае несоответствия заданным требованиям изменить параметры моделирования, повторить запуск пошагового моделирования. После достижения заданного результата запустить процесс моделирования в непрерывном режиме. Получить и продемонстрировать заданный результат.

### ***4. Тестовые испытания***

1. Предъявление технической и технологической документации. Технологический маршрут, режимы проведения технологических операций. Для каждого шага представляется расчёт, заданный в виде подставляемых численных значений, вспомогательных переменных и коэффициентов, считанные значения по таблицам или графикам.

**Московская предпрофессиональная олимпиада школьников**  
**Заключительный этап**  
**Кейсовые задачи**  
**Технологическое направление. Технологический профиль**

---

2. Визуализация результата моделирования на мониторе компьютера. Осмотр модели 3D-микросборки. Демонстрация соответствия полученных параметров микросборки требованиям технического задания.

3. Визуализация моделирования технологических операций в пошаговом режиме с выводом на экран применяемых материалов, заданных параметров и режимов технологических процессов по требованию.

**5. Критерии оценивания выполнения задания командой участников олимпиады**

1. Технологический процесс, технологические режимы до 10 баллов.
  - a) Предъявлен технологический маршрут с последовательностью технологических операций: до 5 баллов.
  - b) Предъявлены расчёты и обоснования технологических режимов: до 5 баллов.
2. Использование знаний физики преобразования материалов в технологических процессах: до 10 баллов.
  - a) Верно установлена температура пайки: 2 балла.
  - b) Верно задано время пайки: 2 балла.
  - c) Верно заданы скорость нарастания температуры пайки: 3 балла.
  - d) Верно установлено усилие сжатия компонент микросборки: 3 балла.
3. Моделирование технологического процесса: до 10 баллов.
  - a) Запущен процесс моделирования в непрерывном режиме. Представлен результат моделирования с демонстрацией заданной трёхмерной модели: 5 баллов.
  - b) Запущен пошаговый режим моделирования, продемонстрированы введённые параметры технологических операций: до 5 баллов.
4. Проведение контроля результата на соответствие заданным требованиям: до 5 баллов.
  - a) Продемонстрированы результаты замера зазоров между интерпозером и кристаллами: 2 балла.
  - b) Продемонстрирован результат моделирования рентгеноструктурного анализа: 3 балла.

**6. Ссылки на рекомендуемые методические материалы**

1. <https://habr.com/ru/post/389253/>
2. [https://ostec-materials.ru/tech\\_lib/publications\\_otm/proizvodstvo-mikroskhem-i-poluprovodnikovyx-priborov/formirovanie-mikrovyvodov-pripora-na-urovne-plastiny.php](https://ostec-materials.ru/tech_lib/publications_otm/proizvodstvo-mikroskhem-i-poluprovodnikovyx-priborov/formirovanie-mikrovyvodov-pripora-na-urovne-plastiny.php)
3. <http://www.mes-conference.ru/data/year2012/pdf/D164.pdf>
4. [https://www.enas.fraunhofer.de/content/dam/enas/de/documents/Downloads/Chemnitzer%20Seminare/Seminar\\_25\\_SP\\_2017/14\\_ChemSem2016\\_PacTech\\_SolderJet-UBM\\_Hahn\\_web.pdf](https://www.enas.fraunhofer.de/content/dam/enas/de/documents/Downloads/Chemnitzer%20Seminare/Seminar_25_SP_2017/14_ChemSem2016_PacTech_SolderJet-UBM_Hahn_web.pdf)
5. [http://www.maicomquarz.ru/upload/PacTech\\_SB2Systems\\_201512.pdf](http://www.maicomquarz.ru/upload/PacTech_SB2Systems_201512.pdf)
6. <https://liontech.ru/upload/katalog-po-mikroelektronike.pdf>
7. [https://www.iguides.ru/main/other/proshchayte\\_materinskie\\_platy\\_zdravstvuy\\_kremnievaya\\_me\\_zhkomponentaya\\_set/](https://www.iguides.ru/main/other/proshchayte_materinskie_platy_zdravstvuy_kremnievaya_me_zhkomponentaya_set/)
8. [https://global-micro.ru/news/problems\\_montazha\\_beskorpusnykh\\_kristallov/](https://global-micro.ru/news/problems_montazha_beskorpusnykh_kristallov/)

**Московская предпрофессиональная олимпиада школьников**  
**Заключительный этап**  
**Кейсовые задачи**  
**Технологическое направление. Технологический профиль**

---

9. [https://kit-e.ru/articles/device/2007\\_2\\_152.php](https://kit-e.ru/articles/device/2007_2_152.php)
10. <http://engjournal.ru/articles/1291/1291.pdf>
11. <https://moluch.ru/archive/132/37095/>
12. [https://www.milandr.ru/upload/smi/tehnologicheskie\\_osobennosti\\_sborki\\_vysokoproizvoditelno  
go\\_dsp\\_protссора.pdf](https://www.milandr.ru/upload/smi/tehnologicheskie_osobennosti_sborki_vysokoproizvoditelno_go_dsp_protссора.pdf)
13. [https://ostec-materials.ru/tech\\_lib/publications\\_otm/proizvodstvo-mikroskhem-i-  
poluprovodnikovyykh-priborov/materialy-dlya-zapolneniya-zazora-mezhdu-podlozhkoy-i-  
kristallom-chast-1-anderfilly-kapillyarnogo-ra.php](https://ostec-materials.ru/tech_lib/publications_otm/proizvodstvo-mikroskhem-i-poluprovodnikovyykh-priborov/materialy-dlya-zapolneniya-zazora-mezhdu-podlozhkoy-i-kristallom-chast-1-anderfilly-kapillyarnogo-ra.php)