

## 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.

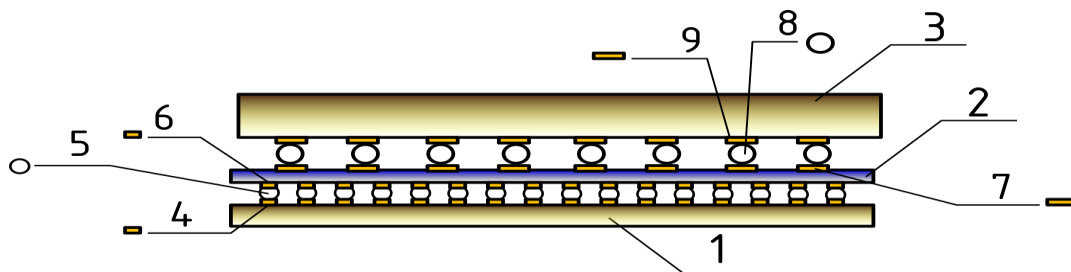
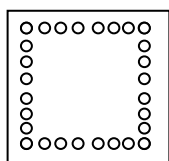


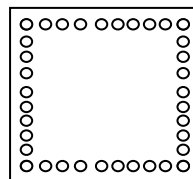
Рис. 1. Модель устройства с трёхмерной интеграцией: 1 – кристалл процессора (нижний), 2 – переходная плата (интерпозер), 3 – кристалл памяти (верхний), 4 – контактные площадки кристалла процессора, 5 – шариковый вывод кристалла процессора диаметром 50 мкм, 6 – контактная площадка интерпозера нижняя,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

Декомпозиция технологического маршрута	Умение работать с материалами и управлять технологическим режимами	Умение практически реализовать технологию	Умение осуществить контроль качества
0 – технологическая документация не предъявлена, технологический маршрут заведомо ошибочный; 1 – технологическая документация предъявлена, технологический маршрут позволяет добиться цели, но имеет существенные недочёты; 2 – технологическая документация предъявлена, технологический маршрут позволяет добиться цели, имеет незначительные недочёты; 3 – технологическая документация предъявлена, технологический маршрут оптимален для выбранных материалов и режимов технологических операций.	0 – нет понимания принципов создания 3D-микросборок, нет представления о моделировании техпроцесса; 1 – теоретические представления о принципах создания 3D-микросборок усвоены; 2 – теоретические представления о принципах создания 3D-микросборок, учтены свойства используемых материалов, есть понимание технологических режимов преобразования материалов; 3 – теоретические представления о принципах создания 3D-микросборок усвоены, учтены свойства используемых материалов, есть представление о влиянии режимов на результат.	0 – технологический маршрут не выполнен (частично или полностью); 1 – весь технологический маршрут выполнен, нет ответов на вопросы по обоснованию выбора материалов и режимов технологических операций; 2 – весь технологический маршрут выполнен, частично предоставлены ответы на вопросы по обоснованию выбора материалов и режимов технологических операций; 3 – весь технологический маршрут выполнен, предоставлены ответы на все вопросы по обоснованию выбора материалов и режимов технологических операций.	0 – контроль качества не осуществлялся; 1 – произведено измерение части критериев, результаты не могут быть интерпретированы; 2 – оценены все параметры 3D-микросборок, результаты интерпретированы неверно (или вообще не интерпретированы); 3 – оценены все параметры 3D-микросборок, результаты интерпретированы верно.

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

---

**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-pripoya-na-urovne-plastiny.php](https://ostec-materials.ru/tech_lib/publications_otm/proizvodstvo-mikroskhem-i-poluprovodnikovyx-priborov/formirovanie-mikrovyvodov-pripoya-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.iguide.ru/main/other/proshchayte\\_materinskie\\_platy\\_zdravstvuy\\_kremnievaya\\_mezhkomponentaya\\_set/](https://www.iguide.ru/main/other/proshchayte_materinskie_platy_zdravstvuy_kremnievaya_mezhkomponentaya_set/)
8. [https://global-micro.ru/news/problemy\\_montazha\\_beskorpusnykh\\_kristallov/](https://global-micro.ru/news/problemy_montazha_beskorpusnykh_kristallov/)
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/tekhnologicheskie\\_osobnosti\\_sborki\\_vysokoproizvoditelno-go\\_dsp\\_protссора.pdf](https://www.milandr.ru/upload/smi/tekhnologicheskie_osobnosti_sborki_vysokoproizvoditelno-go_dsp_protссора.pdf)
13. [https://ostec-materials.ru/tech\\_lib/publications\\_otm/proizvodstvo-mikroskhem-i-poluprovodnikovyx-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-poluprovodnikovyx-priborov/materialy-dlya-zapolneniya-zazora-mezhdu-podlozhkoy-i-kristallom-chast-1-anderfilly-kapillyarnogo-ra.php)