



5. ArcGISforDesktop – стоимость: [Электронный ресурс], режим доступа – URL:<http://desktop.arcgis.com/ru/pricing/>(10.03.2018)
6. Commercial GIS Software: List of Commercial Mapping Software: [Электронный ресурс], режим доступа – URL:<http://gisgeography.com/commercial-gis-software/>(10.03.2018)
7. GIS-Lab: Геоинформационные системы: [Электронный ресурс], режим доступа – URL:<http://gis-lab.info/>(1.03.2018)
8. ESRI-CIS: Что такое ГИС: [Электронный ресурс], режим доступа – URL:[http://esri-cis.ru/concept\\_arkgisa/press/whatgis.php](http://esri-cis.ru/concept_arkgisa/press/whatgis.php)(2.03.2018)
9. Windows 10 HomeEdition–Pricing [Электронный ресурс], режим доступа – URL: [https://www.microsoftstore.com/store/msru/ru\\_RU/pdp/Windows-10-HomeEdition/productID.320421000](https://www.microsoftstore.com/store/msru/ru_RU/pdp/Windows-10-HomeEdition/productID.320421000).(2.03.2018)

В.Е. Вилков

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ИНТЕГРАЦИИ ИЗДЕЛИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ СИСТЕМ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

(НПК Технологический центр)

Высокопроизводительные вычисления – одно из самых перспективных направлений как в информационных технологиях, так и в большинстве прикладных наук. Высокопроизводительные вычисления подразумевают под собой обработку и выполнение различных операций над колоссальными объемами информации. Поэтому для их осуществления требуются значительные аппаратные ресурсы – изделия микроэлектронной промышленности. Современная тенденция такова, что потребность в выполнении большого объема расчётов растет быстрее, чем это может обеспечить традиционная планарная микроэлектроника [1]. Это обуславливает увеличение габаритов используемых компьютерных систем.

Данная проблема является актуальной на данный момент. Во всём мире ведутся работы над миниатюризацией и увеличением интеграции компонентов на печатной плате.

Одна из перспективных технологий миниатюризации электроники – это технология 3D-SiP (Three-dimensional System-In-A-Package). Эта технология заключается в упаковке нескольких электронных подсистем (ячеек либо блоков) в одну функциональную высокоинтегрированную систему на уровне кристаллов. Данная система содержит 2 или более уровней. В роли таких уровней выступают технологические подложки, на которые монтируются различные компоненты, либо кристаллы. В данной технологии для соединения подсистем как правило используется шариковый припой, или BGA (англ. Ball grid array — массив шариков) монтаж, то есть выводы представляют собой шарики припоя. Кроме этого возможно применение таких методов межсоединения как термо-



компрессионная микросварка (Wire Bond), присоединение перевернутого кристалла (Flip Chip), присоединение кристалла к выводам ленточного кристалла (TAB – Tape Automated Bonding), использование underfill материалов и т.д. Пример многокристальной упаковки по технологии 3D-SiP показана на рисунке 1 [2].

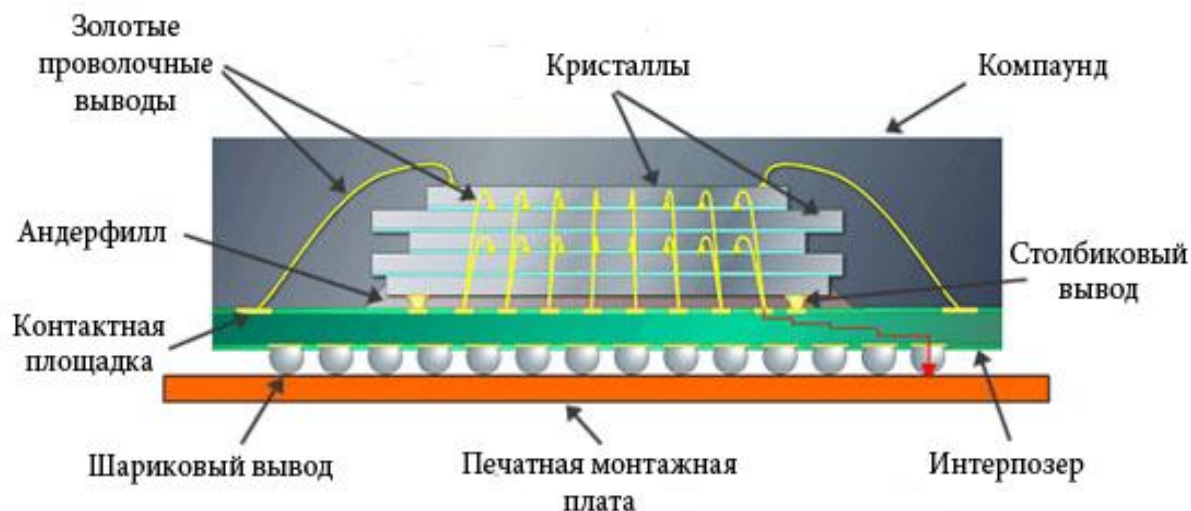


Рисунок 1 – Пример многокристальной упаковки

На уровне микросборок перспективной является технология 3D-MID.

3D-MID технология основана на использовании высокотемпературного пластика и его структурированной металлизации для интеграции электронных, механических и оптических функциональных компонентов, создавая трехмерные системы на базе самого пластика без использования специальных плат и технологических подложек.

Данная технология имеет ряд преимуществ. За счёт высокой гибкости проектирования возможно создать изделие любой формы и размеров. Использование меньшего количества компонентов обуславливает более короткий и простой технологический процесс производства, повышает надёжность устройства, снижает расход материалов и материальные затраты.

Реализация 3D-MID возможна двумя технологиями: LDS и 2S [3].

В LDS технологии (Laser Direct Structuring – прямое лазерное структурирование) применяется легированный соединением металл-органический комплекс термопласт (рисунок 2). Первоначально заготовка отливается из термопласта. Затем согласно топологии проводящей металлизации дорожки на поверхности изделия облучаются лазером (активируются), за счёт чего происходит абляция пластмассовой и органической составляющей. На поверхности образуются шероховатости, обеспечивающие достаточную адгезию для последующего нанесения металлического проводника. Нанесение проводится химическим и гальваническим методом, металл осаждается только в обработанных лазером областях.

У LDS технологии есть недостатки:



- Ограничение на некоторые геометрические формы, которые препятствуют активации поверхности лазером;
- Большое количество операций.

В 2S (Two-shot molding – 2S) технологии лазер не используется, поэтому ограничений по форме изделия нет (рисунок 3). Идея процесса заключается в проведении двух заливочных операций: сначала формируется основа из уже активированного термопласта, затем поверх наносится слой неактивного термопласта, заполняющий полости. Далее, как и в LDS технологии, осаждается металл.

Финишной операцией после образования металлизации в обеих технологиях является стандартный монтаж компонентов [4].

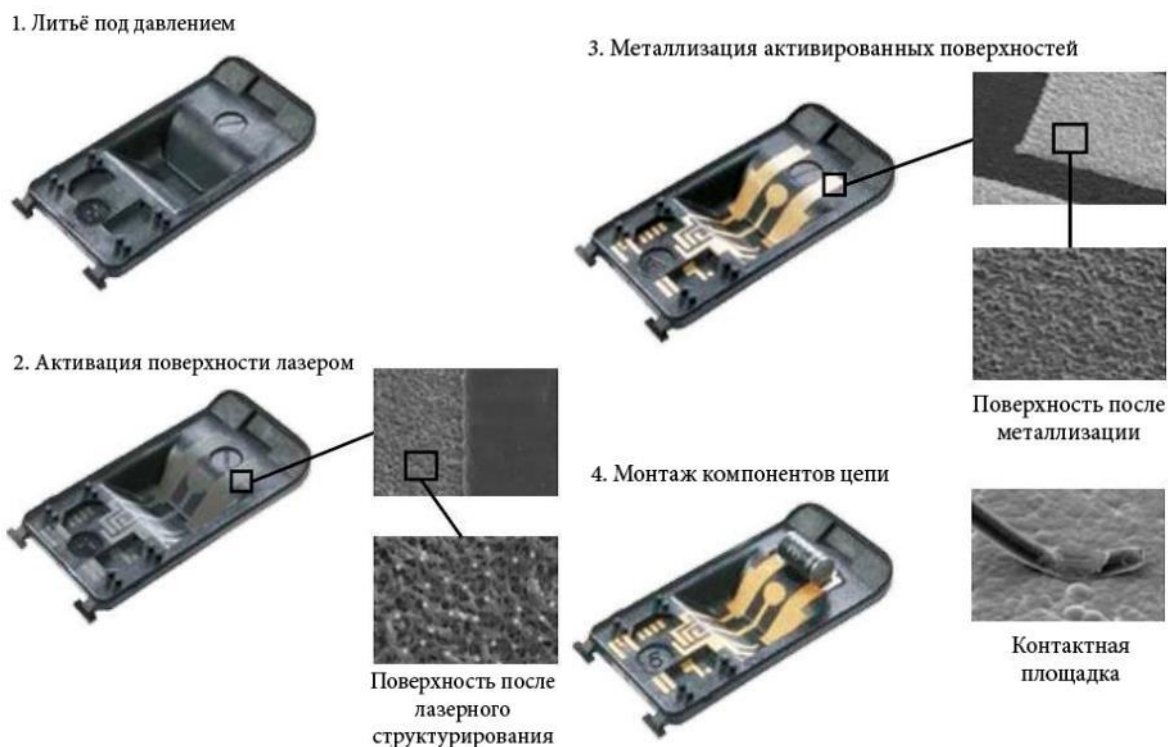


Рисунок 2 – Последовательность технологических операций в технологии LDS



Рисунок 3 – Последовательность технологических операций в технологии 2S



В заключение можно сделать вывод, что технологии миниатюризации перспективны. Такие технологии, как 3D-SiP и 3D-MID, позволяют существенно сократить габариты электронных устройств, а так же значительно повысить их надёжность. Применение улучшенных таким образом блоков может быть разнообразным, включая построение систем высокопроизводительных вычислений.

Работа была выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение № 14.577.21.0225), уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57716X0225).

Исследование было проведено с использованием оборудования Центра Коллективного Пользования «Функциональное тестирование и диагностика микро- и наносистемная технология» на основе НПК «Технологический Центр».

### Литература

1. Баденко В. Л. Высокопроизводительные вычисления: учеб. пособие – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 180 с.
2. Карен Карпентер, Яна Вардаман. Технология SiP выходит в свет / Печатный монтаж, №2, 2006, с.4-7
3. Что такое трехмерные схемы на пластиках // ЗАО предприятие Остек URL:<http://www.3dmid.ru/> (дата обращения 18.03.2018)
4. Сомонов В. В., Туричин Г. А., Земляков Е. В., Бабкин К. Д., Климова-Корсмик О. Г. Прямое лазерное выращивание изделий из порошковых материалов: принцип, оборудование и материалы // Технические науки в России и за рубежом: материалы VI Междунар. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2016 г.). — М.: Буки-Веди, 2016. — С. 34-38. — URL <https://moluch.ru/conf/tech/archive/228/10881/> (дата обращения: 20.03.2018).

А.Ю. Горчаков

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ OPENMP ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МНОГОПОТОЧНОГО МЕТОДА НЕРАВНОМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ.

(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук)

Рассмотрим задачу поиска глобального минимума:

$$f(x) \rightarrow \min, x \in X \quad (1)$$

где  $X$  параллелепипед  $\in R^n$ . Идея метода неравномерных покрытий [1], [2] состоит в разбиении исходного множества  $X$  на подмножества с отсевом подмножеств, которые заведомо не содержат глобального минимума. В процессе решения задачи происходит обновление – лучшего решения, найденного на данный момент. Для отсева подмножеств и тестирования метода используются библиотеки интервального анализа и тестовых функций [3], [4], разработанные в ФИЦ ИУ РАН. Для выполнения расчетов были использованы вычислитель-