

# Перспективы развития техники печатных плат и микросборок

## «Что было — что будет»

**Выпуск юбилейного номера журнала «Технологии в электронной промышленности», как и любой юбилей, является поводом для анализа того, что было, а также прогнозов того, что будет. Автор предлагает читателям журнала свои предположения и свой взгляд на перспективы развития техники и технологии печатных плат, электронных модулей и микросборок.**

Илья Лейтес

leytes@nicevt.ru

### Введение

Электронные модули на основе печатных плат и микросборки очень близки по конструктивной идеологии, и с развитием микроминиатюризации вообще становится трудно понять, где кончается ЭМ на базе МПП и начинается микросборка. За многолетнюю историю развития техники печатных плат и микросборок не единожды появлялись прогнозы о том, что вскоре вообще не нужно будет изготавливать МПП: все удастся развести в двух слоях, или что не нужны будут ПП как таковые: все удастся уместить в микросборку, а то и в кремниевую пластину.

Конечно, такие радикальные прогнозы не сбылись. МПП были, есть и, похоже, по крайней мере ближайшие 10 лет будут. Этот прогноз основан на материалах Дорожной карты по межсоединениям ИРС, материалах Фраунгоферовского института и других

солидных источников технической информации. Развитие технологий изготовления печатных плат показывает хорошую динамику. (Уточним термины: печатной платой автор называет многослойную коммуникационную структуру из склеенных (спрессованных) между собой слоев, изготовленных из фольгированных диэлектриков.)

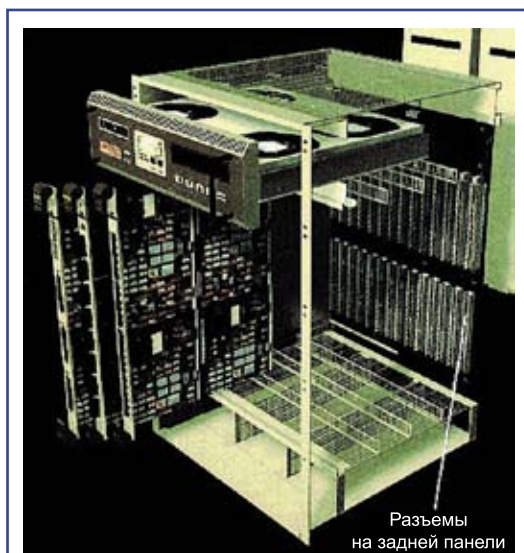
Практически конструкторы печатных плат в ближайшее время сохраняют следующую иерархию: объединительная плата (плата второго уровня), ячейка (плата первого уровня), микросборка (многокристалльный модуль, система в корпусе).

### Объединительная плата (ОП)

Основное ее назначение — коммутация функциональных ячеек между собой (рис. 1). Основным элементом, монтируемым на ОП, являются соединители. Необходимость объединения большого количества оборудования, постоянно повышающиеся требования к частоте и качеству передаваемых сигналов обуславливает большой формат и большое количество слоев (свыше 20), включая большое количество потенциальных слоев. Соединители становятся со все более мелкими шагами, со все большим количеством выводов, присоединенным к потенциальным слоям, для передачи высокочастотных сигналов без искажения.

### Ячейки

Ячейки обеспечивают подавляющее большинство электронных межсоединений (рис. 2) и в связи с использованием перспективных компонентов (в частности, BGA с малыми шагами — 0,5 мм и менее) будут находиться под наибольшим давлением, связанным с применением инновационных конструктивно-технологических решений. К ним относятся формирование структур МПП с использованием ВЧ-материалов и материалов с минимальными размерными изменениями, послойное наращивание, сверление глухих отверстий, заполнение отверстий, интеграция в структуру МПП пассивных и активных (в более далекой перспективе) компо-



**Рис. 1.** Пример блока сервера с использованием объединительной платы

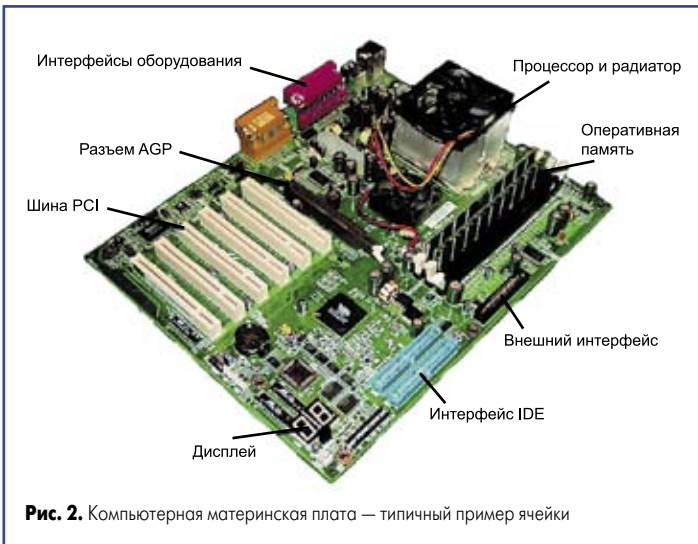


Рис. 2. Компьютерная материнская плата — типичный пример ячейки

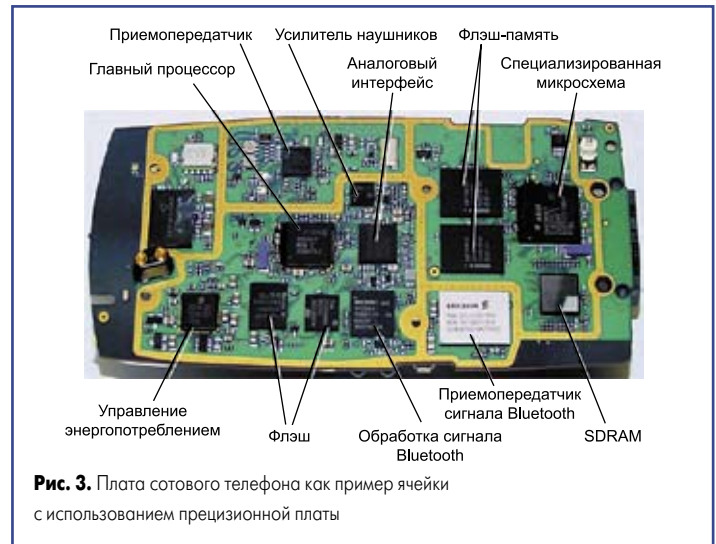


Рис. 3. Плата сотового телефона как пример ячейки с использованием прецизионной платы

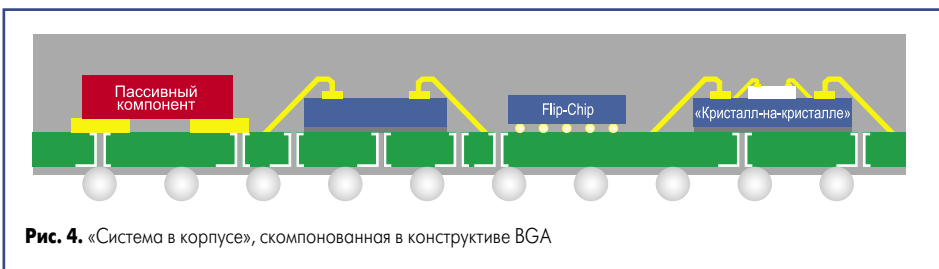


Рис. 4. «Система в корпусе», скомпонованная в конструктиве BGA

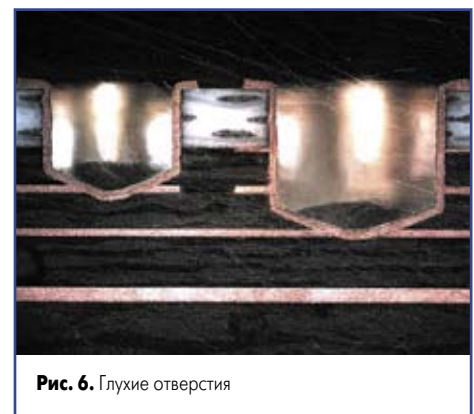


Рис. 6. Глухие отверстия

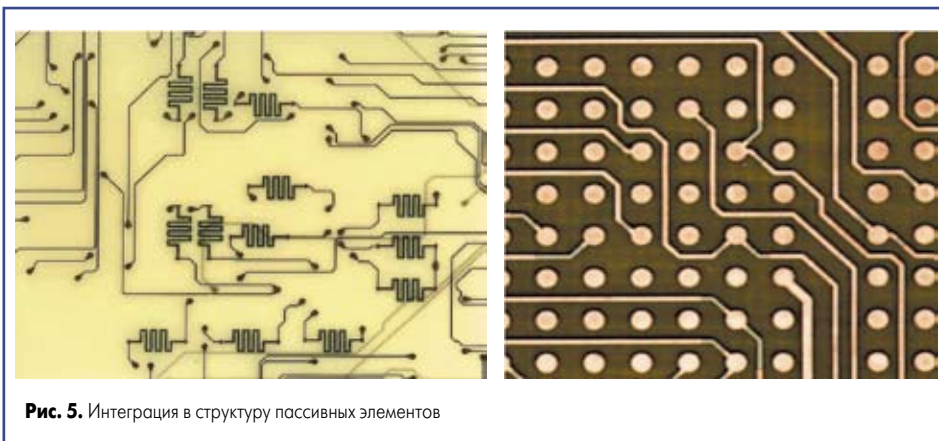


Рис. 5. Интеграция в структуру пассивных элементов

ментов, повышение прецизионности рисунка (рис. 3).

К следующей иерархической ступени классификации следует отнести микросборки, многокристальные модули, системы на кристалле. Трудно сформулировать конструктивные отличия этих компонентов, да и нужно ли? По-видимому, удобнее считать их одним видом по-разному называемых компонентов. Эти конструктивы находятся под таким же давлением, связанным с использованием инновационных конструктивно-технологических решений, как и ячейки, что усугубляется малыми габаритами, экстремальными точностями и микроразмерными характеристиками, а также использованием техники монтажа chip-on-board и flip-chip.

Типовым примером таких компонентов являются «системы в корпусе», скомпонованные в конструктиве BGA (рис. 4). Этот вариант уже достаточно широко применяется в мировой практике, но пока не освоен в России.

На рис. 5–8 приведены конструктивы с использованием инновационных технологиче-

ских решений, упомянутых выше. Эти технологии освоены или находятся в стадии освоения на предприятиях нашей отрасли (в том числе ОАО НИЦЭВТ).

Отдельное место занимает технология ALIVH (формирование отверстий в любом

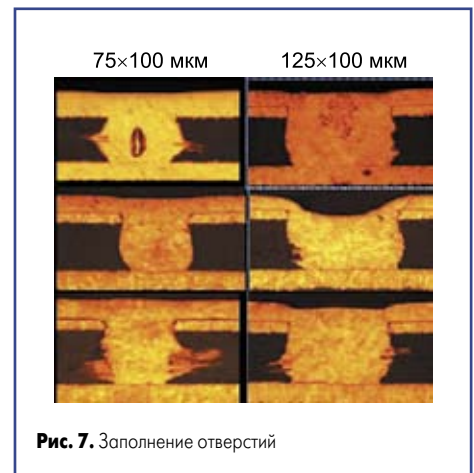


Рис. 7. Заполнение отверстий

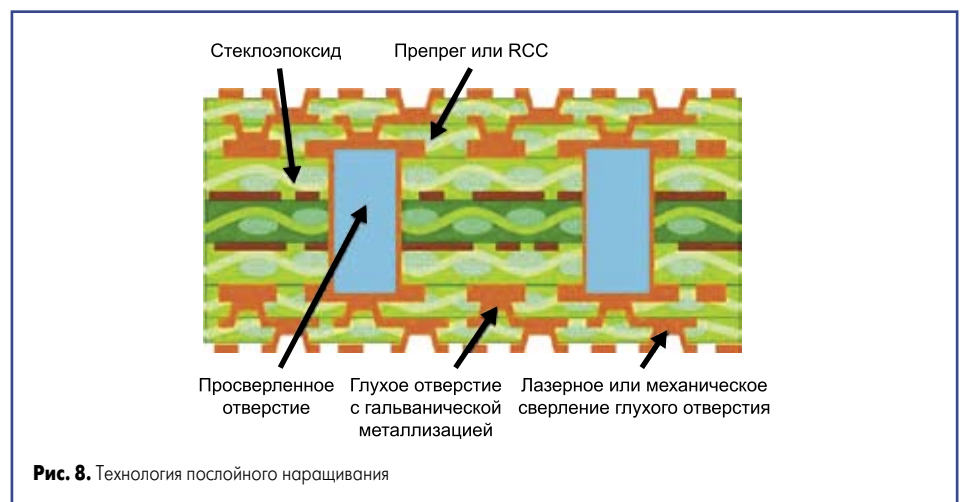


Рис. 8. Технология послойного наращивания

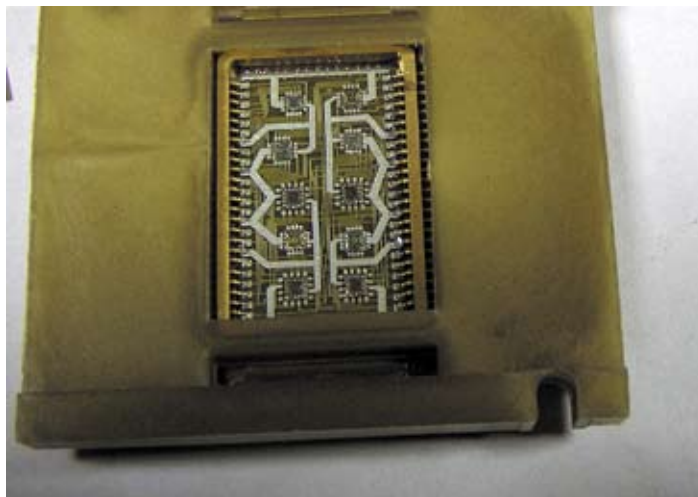
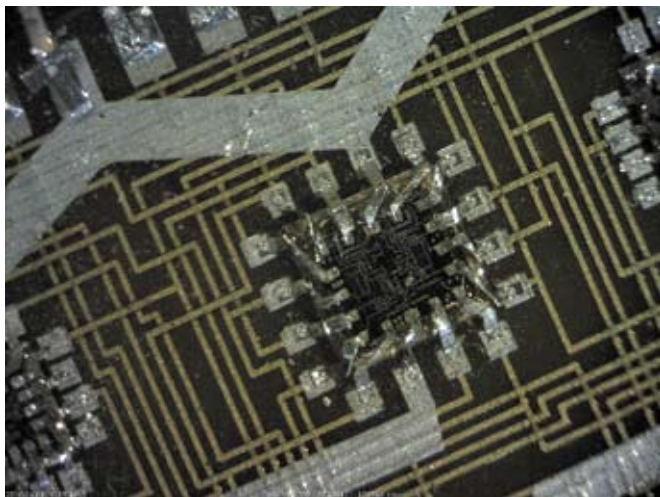


Рис. 10. Микросборки «Эльбрус-2»

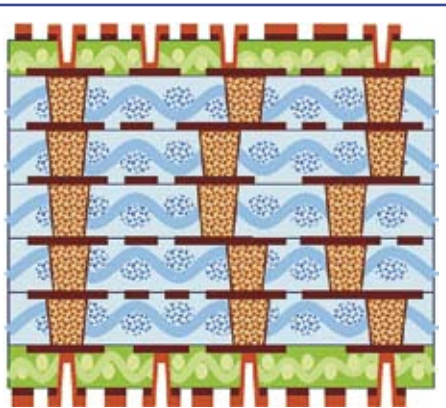


Рис. 9. Технология ALiVH — формирование отверстий в любом слое

слое) (рис. 9). Она существует в виде технологического проекта в разных модификациях. Сведения о реализации в промышленно-производимой аппаратуре отсутствуют.

Другим большим классом конструктивных элементов являются микросборки или многокристальные модули, использующие коммутационные платы с элементами тонкопленочной и толстопленочной многослойных технологий.

Эта технология имеет долгую историю, и так называемые ГИСы (гибридные интегральные схемы), которые представляют собой микросборки на тонкопленочных одно- или двуслойных коммутационных платах с интегрированными в слой резисторами, упакованные в герметичные корпуса, давно и прочно занимают свою нишу в СВЧ и аналоговой аппаратуре.

Этот класс конструктивных элементов будет рассмотрен в следующем номере журнала.

### Микросборки

Приведем несколько инновационных проектов микросборок (многокристальных модулей), базирующихся на многослойных коммутационных платах с использованием техники тонкопленочного напыления и потому выделенных нами в отдельный класс.

Конструктивное и технологическое разнообразие микросборок очень широко, и, конеч-

но, ограниченных рамок статьи недостаточно, чтобы описать все существующие варианты. Остановимся на нескольких наиболее знакомых и, на наш взгляд, интересных вариантах.

#### Микросборки «Эльбрус-2»

Технические характеристики подложки микросборок, показанных на рис. 10, следующие:

- Подложка — поликор (24×36 мм).
- Проводники — напыленный Al (2–3 слоя); соотношение линия/зазор — 100/100 мкм.
- Изоляция — полиимид.
- Формирование слоев — фотолитографическое.
- Места под пайку — напыление (AL-V-Cu) с последующим горячим лужением.

Технические характеристики самой микросборки:

- СИС с ленточными Al-выводами (ТАВ).
- Присоединение выводов — УЗ-сварка.
- Монтаж кристалла — пайка:
  - «Земля»/питание — навесные приклеенные слои из Al-фольги, присоединение выводов — УЗ-сварка (впоследствии — напыление).
  - Корпус — металлостеклянный (золоченый ковар), 48 выводов, шаг 1,25 мм на две стороны.

– Герметизация — шовная контактная сварка, с последующим контролем на грубые, средние, тонкие течи.

Этапы внедрения:

- 1975–1980 гг. — два опытных участка по 5000 микросборок/год.
- 1980 г. — серийный цех, 25 000 микросборок/год.
- 1980-е годы — суперЭВМ «Эльбрус 2».

#### Микросборки на кремниевой подложке

Технические характеристики подложки микросборок, показанных на рис. 11:

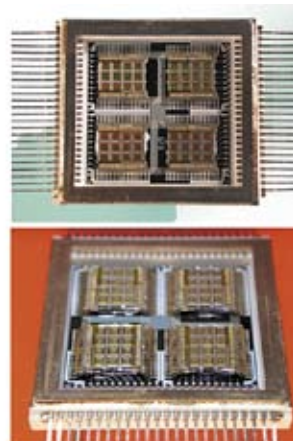
- Кремниевая коммутационная подложка (ККП) — размер 30×30 мм (на базе стандартной пластины диаметром 100 мм).
- Проводники — напыленный Al (4 слоя), соотношение линия/зазор — 10/10 мкм.
- Изоляция — SiO<sub>2</sub>.
- Формирование рисунка — фотолитография.

Технические характеристики самой микросборки:

- БИС с ленточными Al-выводами (ТАВ).
- Присоединение выводов — УЗ-сварка.
- Монтаж кристалла — клей.
- Монтаж подложки в корпус — клей.
- Корпус — металлостеклянный.



Четырехэтажное расположение кристаллов



МКМ СОЗУ с двухэтажным расположением кристаллов



Рис. 11. МКС по технологии «кремний на кремнии» (с 3D-расположением кристаллов)

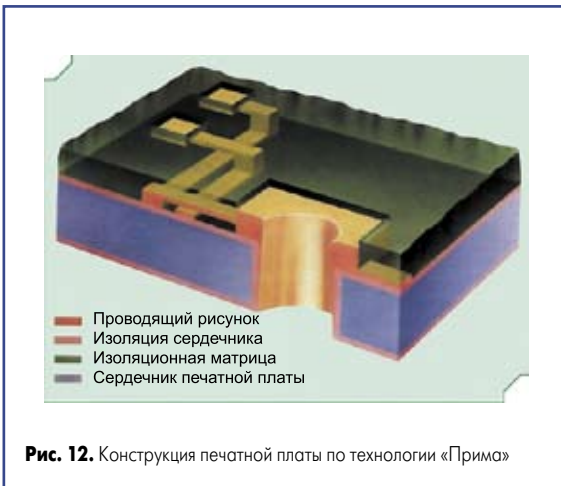


Рис. 12. Конструкция печатной платы по технологии «Прима»

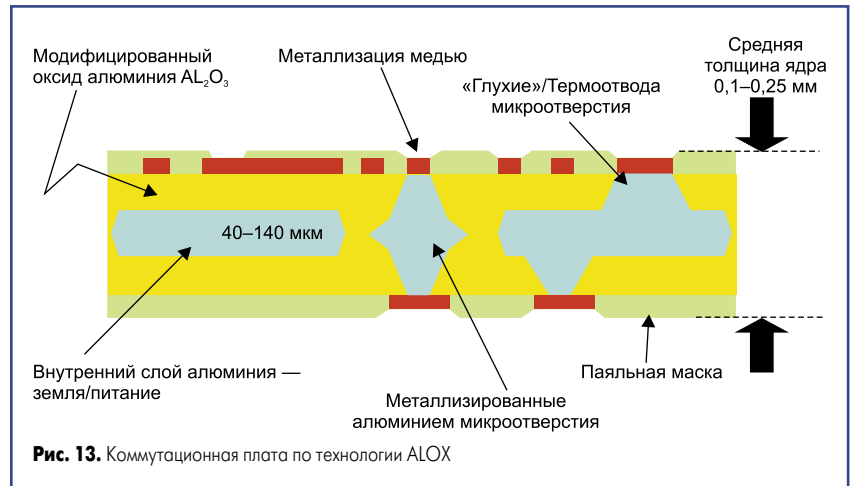


Рис. 13. Коммутационная плата по технологии ALOХ

- Герметизация — шовная контактная сварка, с последующим контролем на грубые, средние, тонкие течи.  
Этапы внедрения:
- До сих пор мелкие серии. Лабораторный участок.  
Микросборки на кремниевой подложке обладают рядом преимуществ:
- Технология, полностью совместимая с технологией ИС.
- Нет ограничения по прецизионности рисунка.  
Однако есть и ряд недостатков:
- Тонкопленочная разводка (высокое удельное сопротивление, низкая коррозионная стойкость, нет волновых сопротивлений).
- Сварка (пайка) как основа межсоединений.
- Ограничение по размерам микросборок (размер подложки, размер корпуса).
- Необходимость герметизации.

**Микросборки на базе технологии «Прима», со встраиваемыми активными и пассивными компонентами**  
В этом случае коммутационная подложка изготавливается методом послойного наращивания на металлическом основании (диэлектрик типа паяльной маски или эповин) (рис. 12). Находится в стадии разработки опытного техпроцесса.

**МКС на базе технологии ALOХ фирмы MCL**  
Здесь мы имеем дело с высокотеплопроводной подложкой с 3-слойной разводкой, формируемой сквозным селективным анодированием алюминиевой подложки, и гальваническим осаждением меди с последующим фотолитографическим формированием прецизионного рисунка (рис. 13).

Продолжение следует