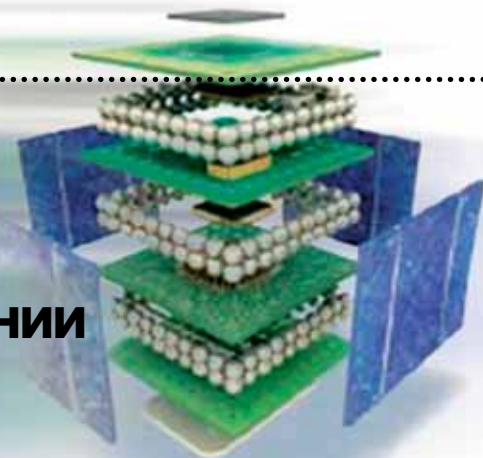


## 3D-СБОРКА

### ТЕХНОЛОГИЯ СКВОЗНЫХ ОТВЕРСТИЙ В КРЕМНИИ



Е.Мушина, П. Башта

В микроэлектронике на сегодняшний день наблюдается тенденция к все большей интеграции и миниатюризации изделий. Появляется спрос на повышение функциональности микросистем (например, интеграция механической, оптической и биологической систем), улучшение их характеристик, повышение производительности и снижение стоимости. Возможным решением всех этих вопросов может стать трехмерная (3D) интеграция.

В настоящее время существуют следующие методы 3D-интеграции:

- чип-на-чипе (этажерочная сборка);
- пластина-на-пластине, или вертикальная системная интеграция (VSI);
- корпус-на-корпусе.

Этажерочная сборка кристаллов (чипов) с их разваркой (для создания межсоединений) уже много лет используется такими компаниями, как Intel, Hitachi, Sharp, Amkor, Philips и др. Сборка же кристаллов друг на друга на уровне пластины способствует повышению производительности и снижению стоимости производства.

Вертикальная система интеграции (VSI) характеризуется очень высокой плотностью выводов, которые свободно распространяются через отверстия в кремниевых кристаллах.

Технология VSI включает следующие этапы:

- формирование отверстий (методом лазерной прошивки,

реактивного ионного травления или фотолитографии);

- заполнение отверстий (металлизацией, химическим осаждением или фотолитографией);
- монтаж пластин друг на друга (совмещение и монтаж);
- утонение пластин до отдельных кристалльныхборок (шлифовка или травление).

Таким образом, требования к VSI – высокая точность операции утонения, формирование надежных стержней-выводов между кристаллами и соответствующий процесс монтажа. Большой вклад в разработку технологии VSI на уровне пластины внесли специалисты Фраунгоферовского исследовательского центра в Мюнхене (Fraunhofer IZM).

Технологию VSI можно выполнить двумя методами – монтажа кристаллов на пластину и монтажа пластины на пластину. Согласно первому методу, соединения формируются разваркой или по технологии Flip Chip, согласно второму – по технологии формирования сквозных отверстий в кремнии (Through-Silicon Via – TSV).

Метод формирования сквозных отверстий для выполнения вертикальной интеграции имеет ряд преимуществ перед методом монтажа кристаллов на пластину. К ним относятся более высокая плотность монтажа при сопоставимых размерах пластины, большая функциональность, лучшие характеристики (параллельность выводов, минимальная длина соединений, межсоединения не ограничивают скорость распространения сигнала), более низкое энерго-



Рис.1. Установка LDS200M



Рис.2. Установка Plasma Lab



Рис.3. Установка SC6



**Рис.4. Установка для напыления металлов**



**Рис.5. Установка FC150**



**Рис.6. Установка DH300**

потребление и меньшая стоимость конечного изделия.

Для реализации технологии TSV требуется целый комплекс технологического оборудования. Один из наиболее удачных вариантов такого комплекса включает в себя следующие установки.

**Установка лазерной обработки LDS200M** (рис.1). Точность позиционирования установки составляет  $\pm 3$  мкм, ширина реза – 20 мкм, максимальная рабочая область – 240×240 мм, максимальная скорость реза – 1000 мм/с, тип лазера – твердотельный Nd:YAG, длина волны 532 или 1024 нм, мощность 120 Вт, загрузка – ручная/кассетная. В установке предусмотрена автоматическая система совмещения.

**Установка глубокого реактивного ионного травления Plasma Lab 100** (рис.2). Установка имеет кластерную конфигурацию с числом газовых линий до 12, шлюзовую камеру с ручной загрузкой, RIE-модуль с планарным реактором на частоту 13,56 МГц. Размер электродов – 205, 240 мм. Управляется программным обеспечением.

**Установка нанесения фоторезиста SC6** (рис.3) имеет модульный дизайн. Максимальный диаметр обрабатываемой пластины составляет 200 мм, максимальный размер подложки – 150×150 мм. Скорость вращения шпинделя достигает 10 000 об/мин. В систему входит программируемый контроллер (PLC), обеспечивающий программирование параметров процесса нанесения фоторезиста.

**Оборудование для напыления металлов** (рис.4) представляет собой установку вакуумного магнетронного напыления и осаждения горизонтальных линий.

**Установка монтажа кристаллов FC150** (рис.5) позволяет обрабатывать подложки размером 0,2–150 мм, размер кристаллов составляет 0,25–100 мм. Точность достигает  $\pm 0,5$  мкм,  $3\sigma$ , усилие захвата/монтажа – 200 кг. Производительность установки – 200 компонентов/ч. Предназначена для монтажа многокристалльных модулей (МСМ), гибридных схем, инфракрасных фокальных плоскостных матриц (IRFPA), монтажа методом перевернутого кристалла, получения эвтектических соединений, тиснения кристалла.

**Установка механического утонения пластин DH300** (рис.6) позволяет обрабатывать пластины диаметром до 300 мм. Скорость вращения пластины составляет 0–160 об/мин.

Скорость вращения держателя пластины – 0–125 об/мин, давление прижима держателя – 0,06–0,3 бар, размер полировальной пластины – 560 мм. Максимальная температура плиты 60°C.

Рассмотренное оборудование на территории России и стран СНГ поставляет компания ООО "Совтест АТЕ". Подробную информацию можно найти на сайте [www.sovtest.ru](http://www.sovtest.ru). ○