

ОСНОВНАЯ КОНЦЕПЦИЯ ЛИНИИ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ СБИС

Проект технологической линии прототипирования и мелкосерийного производства СБИС уровня 90-65 нм, интегрируемой с производством фотошаблонов того же уровня, является весьма трудоемким, амбициозным и достаточно продолжительным по времени реализации (время на реализацию – не менее 3-4-х лет). Его суть состоит в создании на сравнительно небольшой площади (1000-1400 м²) **модульно-кластерной** производственной линейки, реализующей практически полную технологическую цепочку выпуска современной электронной компонентной базы по КМОП-технологии уровня **90-65 нм**. Планируется, что данная линия сможет производить электронные компоненты малыми сериями – от 10 до 25 200-мм пластин в партии.

Как известно, даже сейчас, несмотря на бурное развитие вычислительной техники и программных средств моделирования, технологические и схемотехнические модели вовсе не дают стопроцентной гарантии того, что изготовленная схема будет работать согласно заложенным в проект требованиям. Часто случается, что допущенная схемотехническая, топологическая или технологическая ошибка обнаруживается только тогда, когда микросхема уже выпускается крупным тиражом. Это приводит к необходимости останавливать выпуск изделия и отзываться реализованную продукцию, переделывая в некоторых случаях, как минимум, несколько фотошаблонов из комплекта, видоизменяя технологический процесс и теряя при этом большое количество времени и денег. Поэтому основной коммерческой задачей линии является мелкосерийное производство интегральных схем на окончательной стадии их разработки – **прототипирование изделий микроэлектроники**. Другой задачей линии может стать экспериментальная отработка и усовершенствование технологических процессов производства новых видов изделий. В связи с этим, важной особенностью разрабатываемой линии является использование в комплекте метрологического оборудования ионно-лучевых установок, позволяющих производить быстрый автоматизированный анализ качества наносимых слоев, выявлять скрытые дефекты сформированных на пластине структур, обусловленные ошибками в технологическом процессе и недоступные для выявления традиционными методами анализа.

Для бесшаблонного формирования паттернов на полупроводниковых пластинах в составе проектируемой технологической линейки предполагается использование высокопроизводительного электронно-лучевого литографического оборудования. Помимо этого, в линейке закладывается возможность редактирования топологии уже изготовленных микросхем посредством оборудования ионно-лучевой коррекции. Возможность осуществления бесшаблонной литографии и ионно-лучевой коррекции топологии придадут создаваемому производству необходимую гибкость и позволяют успешно осуществлять выпуск пилотных партий интегральных схем, допускающих доработку в процессе изготовления, и только после проведения необходимых испытаний пилотной партии изделий делать заказ на изготовление комплекта фотошаблонов. Что же касается микросхем, выпускаемых сверхмалыми партиями для узкоспециальных применений (сотни штук), то здесь становится целесообразным и вовсе не использовать перенос изображения с фотошаблонов, обходясь лишь возможностями электронно-лучевой литографии.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ МОДУЛЬНО-КЛАСТЕРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

Кластерное оборудование состоит из центрального модуля перемещения пластин и периферийных технологических станций – т.е. это модульная, многокамерная система, объединяющая технологические процессы. SEMI (Международная организация производителей полупроводниковой продукции) дает следующее определение кластерного оборудования: «набор, состоящий из двух или более технологических модулей (поштучная и/или групповая обработки), соединенных вместе (через интерфейсы) с помощью транспортной системы пластин, аппаратуры и системы связи, который может выполнять последовательные операции в полупроводниковом производстве».

Полностью модульная система состоит из технологических модулей, устройстве контроля, а также переходных модулей или шлюзов, каждый из которых электрически и механически независим и имеет отдельные вакуумные и управляющие системы. Понятие кластера подразумевает гибкую комбинацию независимо управляемых модулей или камер, окружающих центральную систему перемещения пластин. Камеры необязательно должны быть от одного и того же производителя.

Типовое кластерное оборудование для оснащения полупроводникового производства показано на **Рис.1**. Фактически, существуют три конфигурации кластерного оборудования. Радиальные кластеры (**Рис.1а**) обладают тем преимуществом, что они занимают малые площади и обладают упрощенной логистикой производства, в то время как линейные кластеры могут быть быстрее расширены и используются в приложениях, где необходим сверхвысокий вакуум. Также возможен гибридный подход к организации кластерной технологической установки (**Рис.1б**). Большинство кластеров, которые сейчас используются, – радиальные, существует множество топологий составных кластеров, которые могут изменяться посредством использования стыковочных и расширяющих модулей.

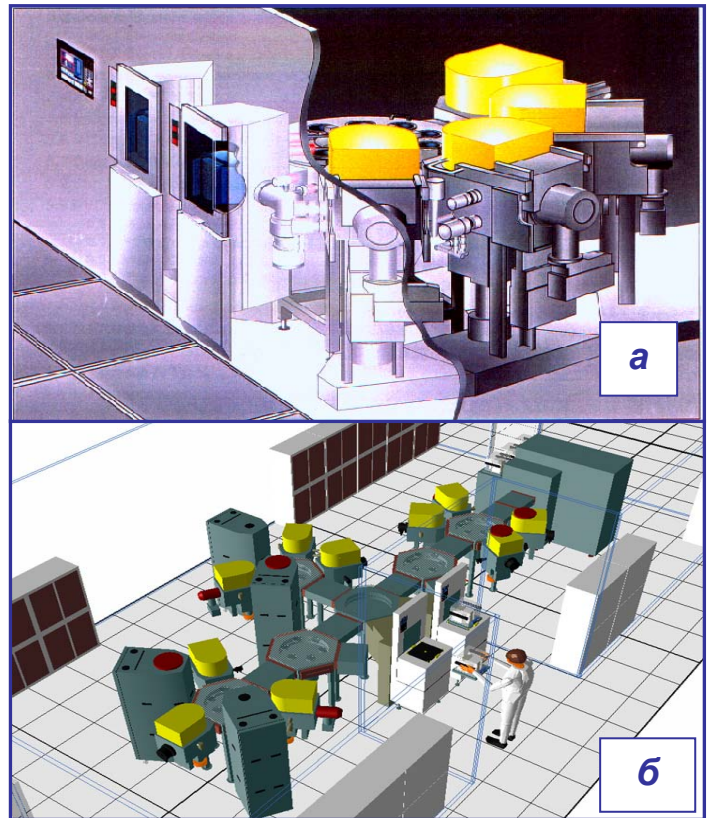


Рис.1. Радиальная и гибридная компоновки кластерных технологических комплексов

Основные преимущества кластерной технологии обработки полупроводниковых пластин – это:

- **сокращение длительности цикла;**
- **сокращение количества перемещений пластин операторами;**
- **уменьшение загрязнения частицами;**
- **уменьшение загрязнения молекулами;**
- **способность запускать сложные технологические процессы.**

Кроме «сухих» процессов, проводящихся в вакууме либо в разреженной атмосфере взаимодействующих с поверхностью пластины активных газообразных сред, важное место в технологическом процессе производства полупроводниковых приборов занимают процессы, производящиеся в жидких средах или в атмосфере азота. К этим процессам относятся жидкостное химическое травление, химическая мегазвуковая отмывка, химико-механическая планаризация, гальваническое осаждение металлов, криокинетическая очистка поверхности, а также набор операций, связанных с нанесением и обработкой резистов. Перечисленные операции также могут быть реализованы и в последнее время все чаще реализуются в кластерных технологических установках. Сложная последовательность операций, связанных с обработкой резиста – нанесение резиста и антиотражающих слоев, сушка, задубливание, проявление и промывка могли использовать ранее на производстве до 50% всего времени обработки. Объединение этих процессов в кластерную установку сыграло значительную роль в уменьшении времени обработки и стоимости производства.

СУЩНОСТЬ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Сущность предложения состоит в создании универсального комплекса средств технологического оснащения, позволяющего за счет гибкой перенастройки технологического процесса, смены технологической оснастки, а также замены исходных материалов производить практически все известные виды изделий современной твердотельной электроники, включая КМОП СБИС, СВЧ ИС, а также, при необходимости, микроэлектромеханические системы (МЭМС). Построение комплекса производится путем агрегатирования оборудования, заказываемого у известных зарубежных производителей. Отдельные модули и системы, не производящиеся серийно, разрабатываются совместно с отечественными и зарубежными партнерами. Это касается в основном элементов вакуумного кластерного оборудования, которые планируется разработать и изготовить в кооперации с ведущими зарубежными фирмами. При этом основной упор планируется сделать на использование в составе комплекса уже существующего серийно производящегося оборудования, ограничившись в крайнем случае его незначительным видоизменением.

В данном проекте в качестве базовой выбрана КМОП-технология с минимальными размерами элементов 65 нм, обеспечивающая реализацию цифровых устройств со встроенной энергонезависимой памятью, высоковольтными выходными каскадами и радиочастотным интерфейсом. Линия аналогичного типа, предназначенная для изготовления твердотельных СВЧ-схем на гетероструктурах, будет отличаться от КМОП-линии гораздо более простым литографическим оборудованием, а также значительно меньшим количеством технологических камер (как для сухих, так и для жидкостных процессов).

Планируемая к созданию линия мелкосерийного бесшаблонного выпуска микросхем будет обладать следующими основными характеристиками:

- производимый продукт – микросхемы по технологии КМОП, СВЧ ИС, МЭМС, услуги по анализу и корректированию топологии готовых микросхем;
- минимальный размер элемента топологии – 65 нм;
- объем выпуска – 100 партий 300 мм полупроводниковых пластин в год (от 10 до 100 пластин в партии);
- занимаемая площадь – 1500-2000 м²;
- численность обслуживающего персонала – 25 чел. (инженеры и научные работники);
- время реализации – 3,5-4 года с момента начала финансирования.

На Рис.2 показана одна из возможных планировок разрабатываемой технологической линии (в приблизительном варианте).

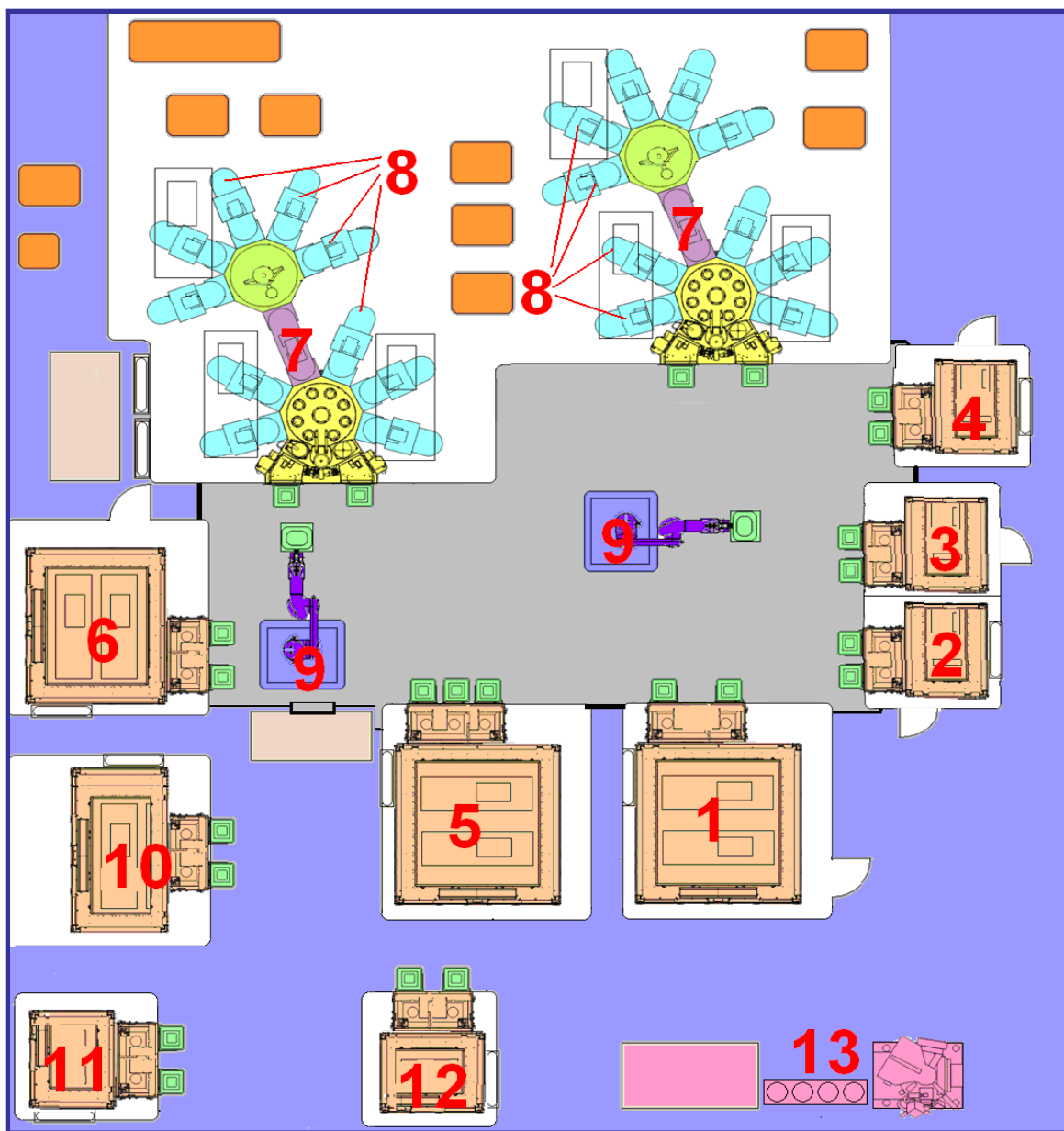


Рис.2. Возможная планировка технологической линии (основное оборудование)

Обозначения на Рис. 2:

1. Установка электронно-лучевой литографии;
2. Трековая установка (нанесение и обработка резиста);
3. Установка жидкой химии (мегазвуковая и криокинетическая очистка поверхности, а также жидкостное изотропное травление);
4. Установка электрохимического осаждения металлов;
5. Установка химико-механической планаризации;
6. Установка ионной имплантации;
7. Вакуумная перегрузочная платформа;
8. Технологическая камера сухих процессов;
9. Роботизированный перегрузчик SMIF-контейнеров;
10. Электронно/ионно-лучевая установка анализа дефектов;
11. Установка контроля топологии;
12. Установка измерения критических размеров топологии;
13. Электронно/ионно-лучевая установка анализа и редактирования топологии микросхем.

Схема деления комплекса на составные части приведена на Рис.3. Комплекс представляет собой интегрированную систему технологического оборудования, включающую в свой состав следующие составные части (основное оборудование):

- комплекс электронной литографии;
- наборы установленных на общих вакуумных платформах технологических камер сухих процессов для проведения индивидуальных технологических операций (комплекс вакуумных процессов);
- набор оборудования, реализующего атмосферные технологические операции, преимущественно, с применением жидких химических реактивов (комплекс атмосферных процессов);
- комплекс ионной имплантации;
- комплекс метрологический и вспомогательный;
- роботизированные перегрузчики.

**ЛИНИЯ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ И МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА
СБИС уровня 90-65 нм**

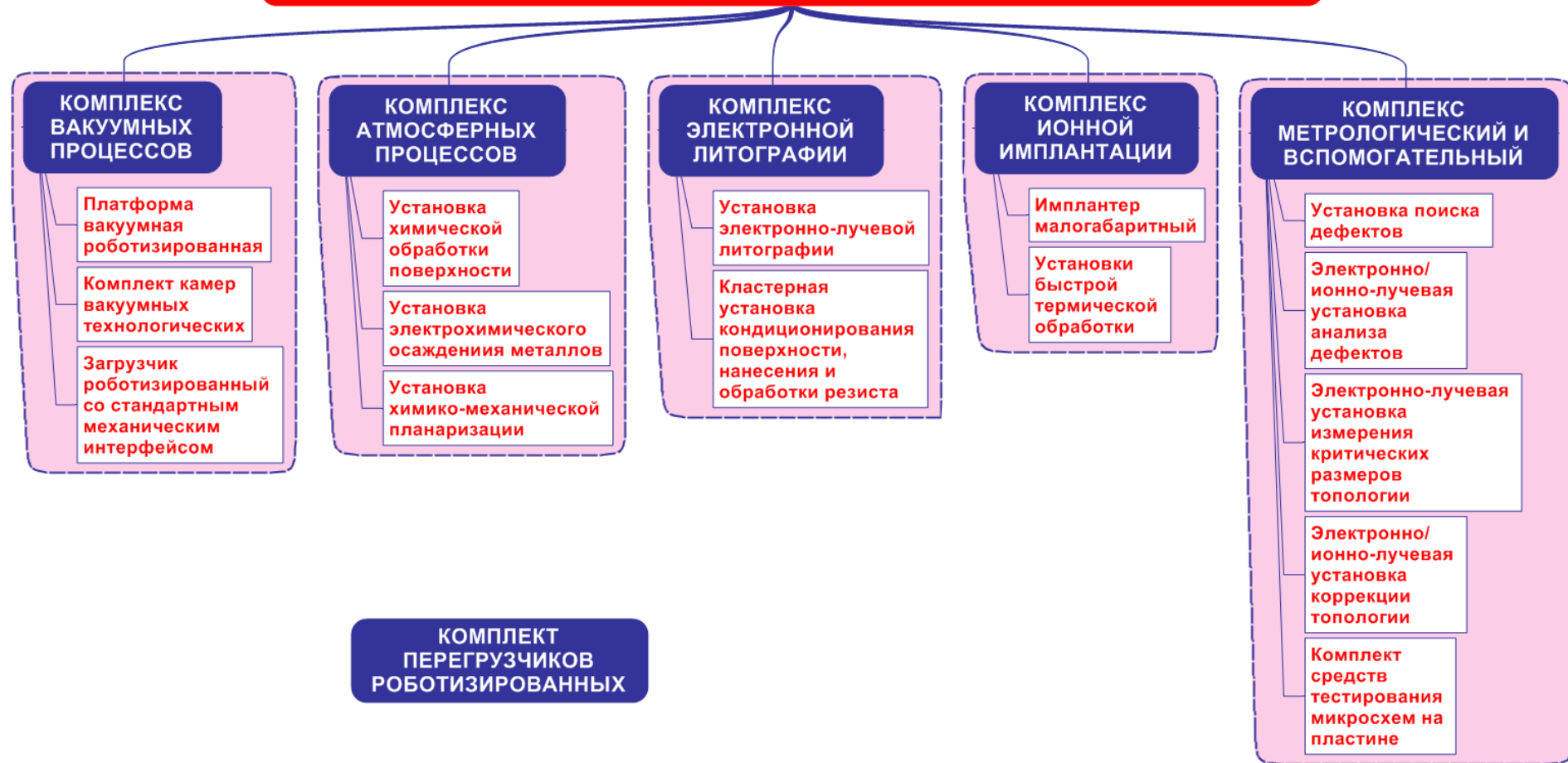


Рис.3. Структура технологической линии прототипирования микросхем (основное оборудование)