

Модуль 8

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ, СПЕЦИФИКАЦИЙ И
ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРЕЧНЯ ПРИКЛАДНОГО
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАРШРУТА
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФОТОШАБЛОНОВ ПОД ТРЕБУЕМЫЙ
УРОВЕНЬ ТЕХНОЛОГИИ

Содержание модуля 8

8.1. Анализ документации используемого литографического, электронно-лучевого и контрольно-измерительного оборудования с целью определения технических возможностей проектирования и изготовления фотошаблонов с заданными параметрами

8.2. Формирование перечня компонентов и опций для создания расширяемой структуры системы проектирования (ядра) фотошаблонов, обусловленного технико-экономическими возможностями выбранных программных платформ

8.3. Разработка маршрутных карт, описывающих последовательность технологических операций проектирования фотошаблонов для заданного технологического уровня

8.1. Анализ документации используемого литографического, электронно-лучевого и контрольно-измерительного оборудования с целью определения технических возможностей проектирования и изготовления фотошаблонов с заданными параметрами

Разработка маршрута с учетом перехода на новые технологические уровни определяется функциональными требованиями, предъявляемыми к конечной продукции и намечаемым объемам выпуска.

Типовой маршрут подготовки данных для изготовления фотошаблонов для технологических норм 350-65 нм включает: формирование рамки, определение массива кристаллов, размещение меток совмещения, тестовых кристаллов, маркировок (Рисунок 8.1).



Рисунок 8.1 – Типовой маршрут подготовки управляющей информации для изготовления фотошаблонов с технологическим уровнем 350–32 нм

Таблица 8.1 – Технические характеристики фотошаблонов для интегральных схем различных проектных норм

Проектные нормы	350 нм	250 нм	180 нм	150 нм	130 нм	90 нм
Кратность проекционного переноса изображения с фотошаблона на полупроводниковую пластину	4	4	4	4	4	4
Размер минимального элемента на фотошаблоне, нм	1400	1000	720	600	520	360
Размер минимального элемента OPC на фотошаблоне, нм	600	400	280	240	200	140
Линейность размера изолированной линии, нм	40	30	25	20	15	10
Линейность размера линии в структуре линия/ промежуток, нм	60	45	30	25	20	15
Линейность сканирования, нм	60	45	30	25	20	15
Точность размера, нм	40	30	25	20	15	10
Минимальный размер обнаруживаемых дефектов, нм	600	400	280	200	150	125
Минимальный размер исправляемых дефектов, нм	600	500	280	240	200	140

Технологический процесс фотолитографии характеризуется рядом параметров. Их условно можно разделить на две группы.

Первая группа определяет уровень процесса в целом, который характеризуется величиной полушага изготавливаемых элементов в долях микрона или нанометрах (0,18 мкм или 65 нм и т.п.).

К этой группе можно отнести часть параметров фотолитографической установки, таких как производительность, рабочая длина волны, размер рабочего поля, диаметр обрабатываемых пластин, апертура объектива, масштаб изображения и другие параметры, которые имеют статический характер, изложены производителем оборудования в его спецификации и изменяются вместе со сменой оборудования.

Вторую группу составляют параметры, которые должны быть максимизированы или минимизированы до величин соответствующих уровню процесса.

Это неровность пластин, погрешность совмещения слоев, равномерность освещенности и другие параметры литографической установки, пластин, шаблонов и фоторезистов, которые решающим образом влияют на процент выхода годных изделий и подлежат периодическому или входному контролю на соответствие требуемому значению по принципу «годен – негоден».

Некоторые параметры могут быть подтверждены гарантиями поставщика, остальные проверены с использованием специализированного контрольного оборудования.

Важнейшей характеристикой литографического процесса является его разрешающая способность. От разрешающей способности напрямую зависит минимальная толщина линии, которую можно нанести на фоторезисте.

В промышленном масштабе для экспонирования фоторезистивных слоев на пластинах применяют проекционные фотолитографические системы – **степперы** (*stepper*) или степперы-сканеры.

В таких системах под воздействием излучения определенной длины волны происходит пошаговый перенос (экспонирование) топологического рисунка кристалла с фотошаблона на покрытую слоем фоторезистивную пластину, расположенную на координатном столе (Рисунок 8.2).

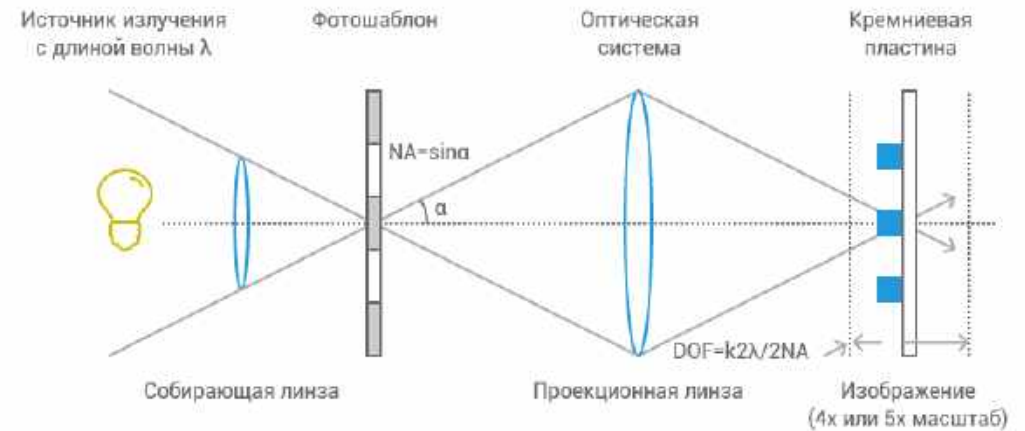


Рисунок 8.2 – Упрощенная схема фотолитографической системы

Так как степпер-сканер проецирует на пластину исходно меньшее поле (как правило, в 4 или 5 раз), то с его помощью получают более качественное изображение, т. е. с более высоким разрешением.

После формирования одного изображения под воздействием излучения, полупроводниковая пластина сдвигается на некоторое расстояние и экспонируется следующее изображение и т. д.

Таким образом, на пластине получается сетка, состоящая из одинаковых изображений (Рисунок 8.3).

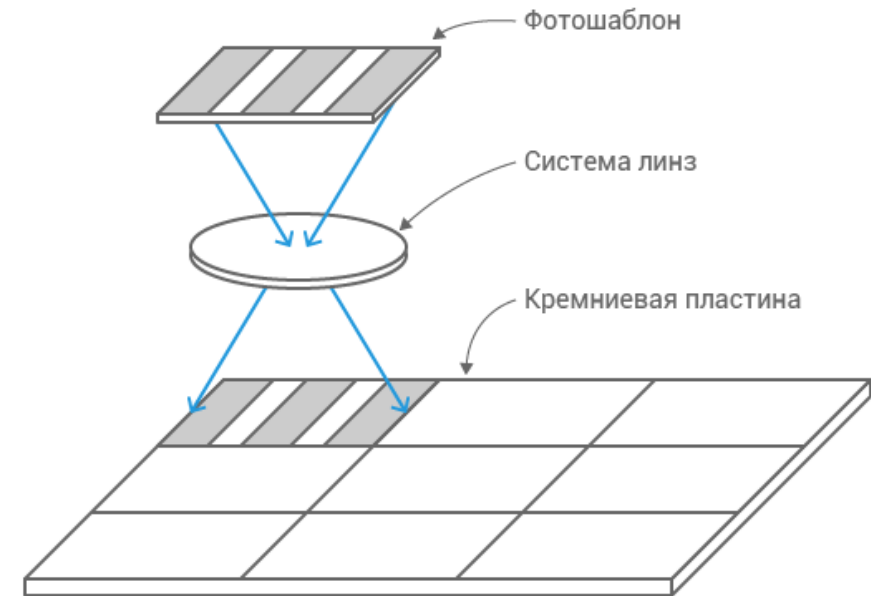


Рисунок 8.3 – Формирование матрицы одинаковых изображений в степпере-сканере

В качестве источника облучения могут быть использованы фотоны различных энергий, рентгеновские лучи, потоки электронов и ионов; в зависимости от вида воздействия литография и ее основные элементы – шаблоны или маски – называются *фото-, рентгено-, электроно- и ионо-литографией*.

Литографический цикл обычно содержит от 15 до 30 технологических операций, общее же количество операций в технологическом маршруте изготовления кристаллов современных СБИС в зависимости от степени интеграции (минимального размера элемента) может составлять от 300 до 800.

Каждое следующее поколение микроэлектроники связано, в основном, с уменьшением размеров элементов (переход на следующий уровень технологии), повышается степень интеграции микросхем, а следовательно, растет количество функциональных слоев, особенно слоев металлизации и изоляции, что увеличивает количество фотошаблонов в комплекте.

Соответственно, происходит усложнение как самих литографических систем, так и комплектов используемых фотошаблонов.

В Таблице 8.2 приведены стоимости систем проекционной фотолитографии и перспективных систем литографии и их возможности по реализации соответствующих уровней технологии СБИС.

Таблица 8.2 – Возможности систем проекционной фотолитографии по реализации уровней технологии СБИС

[illegible]

8.2. Формирование перечня компонентов и опций для создания расширяемой структуры системы проектирования (ядра) фотошаблонов, обусловленного технико-экономическими возможностями выбранных программных платформ

Для минимизации затрат на разработку маршрутов проектирования целесообразно строить архитектуру прикладного программного обеспечения (ПО) на основе ядра, которое в дальнейшем можно наращивать путем добавления соответствующих программных модулей.

Поэтому особую роль при подготовке и проектировании управляющей информации для изготовления фотошаблонов играют методы и средства автоматизации, выполняющие обработку исходных топологических решений заказных проектов и оперирующие гигабайтными объемами информации.

Данные системы должны удовлетворять следующим требованиям:

- автоматического формирования компоновки фотошаблона и возможность визуального контроля правильности взаиморасположения составляющих компонентов фотошаблона;
- анализа топологической информации;
- компиляции данных в форматы соответствующих технологических установок: генераторов скрытого изображения, установок аттестации и контроля;
- сохранения целостности данных;
- обеспечения гибкости настройки архитектуры при переходе в субмикронные и нанометровые уровни технологии;
- верификации управляющей информации исходным проектным данным;
- аттестации и контроля.

Перечисленным выше требованиям в полной мере отвечает гибридная архитектура программного комплекса, ядро которого построено на основе специализированных программных платформ *Synopsys CATS*, *Cadence MaskCompose* и *Mentor Graphics Calibre* (Рисунок 8.4).

Данная базовая архитектура ядра прикладного ПО обеспечивает дизайн фотошаблонов на самом современном уровне, верификацию исходных топологических решений электронной компонентной базы, а также верификацию на различных стадиях преобразования исходной топологической информации соответствующих технологических слоев маршрута изготовления ЭКБ в управляющую информацию для их изготовления.

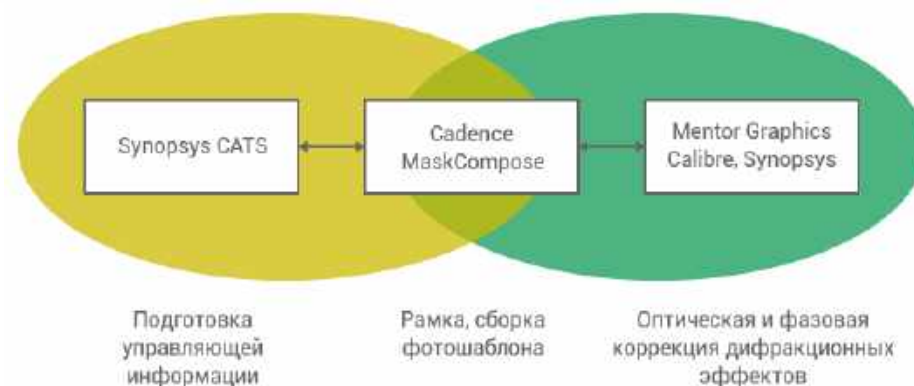


Рисунок 8.4 – Архитектура ядра системы проектирования и подготовки управляющей информации для изготовления фотошаблонов

В программном продукте *Synopsys CATS* осуществляется фрагментация проектной топологической информации – перевод данных в управляющую информацию для соответствующего технологического оборудования: генератора изображений (лазерного или электронно-лучевого), установок контроля критических размеров, аттестации на дефектность и т. д.

Средствами программного пакета *Cadence MaskCompose* создается рамка фотошаблона в формате *GDSII* или *OASIS* с периферийной областью, содержащей все служебные и технологические метки: границы размещения элементов, баркод, метки степпера, дорожки реза и другую информацию, необходимую для изготовления фотошаблона.

Геометрические преобразования исходных проектных топологических решений заказчика для подавления дифракционных эффектов, верификация, аттестация на дефектность и контроль линейных размеров осуществляется соответствующими опциями программного продукта *Synopsys CATS* или *Mentor Graphics Calibre*.

Предложенный состав ПО составляет ядро прикладной архитектуры программной системы проектирования фотошаблонов.

Спецификации соответствующих опций ПО для данной архитектуры неоднократно согласовывались и одобрены ведущими специалистами компаний *Cadence*, *Mentor Graphics* и *Synopsys*, а также крупнейшими производителями фотошаблонов – *Compugraphics*, *Photronics*, *Torpan* и др.

Отметим, что проведение полного цикла подготовки данных для изготовления фотошаблонов возможно как средствами САПР *Synopsys CATS*, так и средствами *Cadence MaskCompose*.

Однако опыт показывает, что более удобным и понятным для пользователя процесс подготовки рамки фотошаблона, мультипликации его элементов и т. д. реализован в программном комплексе *Cadence MaskCompose*.

Средства *Synopsys CATS*, в свою очередь, имеют более гибкие настройки для осуществления процесса фрагментации исходной топологии, подготовки управляющей информации для изготовления фотошаблонов, а также обладают возможностью автоматизации различных задач посредством применения скриптов.

Данная «гибридная» архитектура позволяет подготовить управляющую информацию для изготовления фотошаблонов как на имеющихся отечественных технологических линейках, так и зарубежных производственных площадках (mask-shop).

С учетом вышесказанного разработчику маршрута необходимо подобрать оптимальный состав программных опций, соответствующих выбранному технологическому маршруту проектирования фотошаблонов.

На Рисунке 8.5 показана линейка компонентов платформы *Synopsys* на примере базового маршрута проектирования фотошаблонов.

В Таблицах 8.3-8.4 представлено соответствие применимости программных модулей *Mentor Graphics Calibre* и *Synopsys CATS* технологическому маршруту проектирования фотошаблонов для уровня 180-32 нм.

В Таблицах 8.5-8.6 представлено краткое описание назначения программных модулей *Mentor Graphics Calibre* и *Synopsys CATS*.

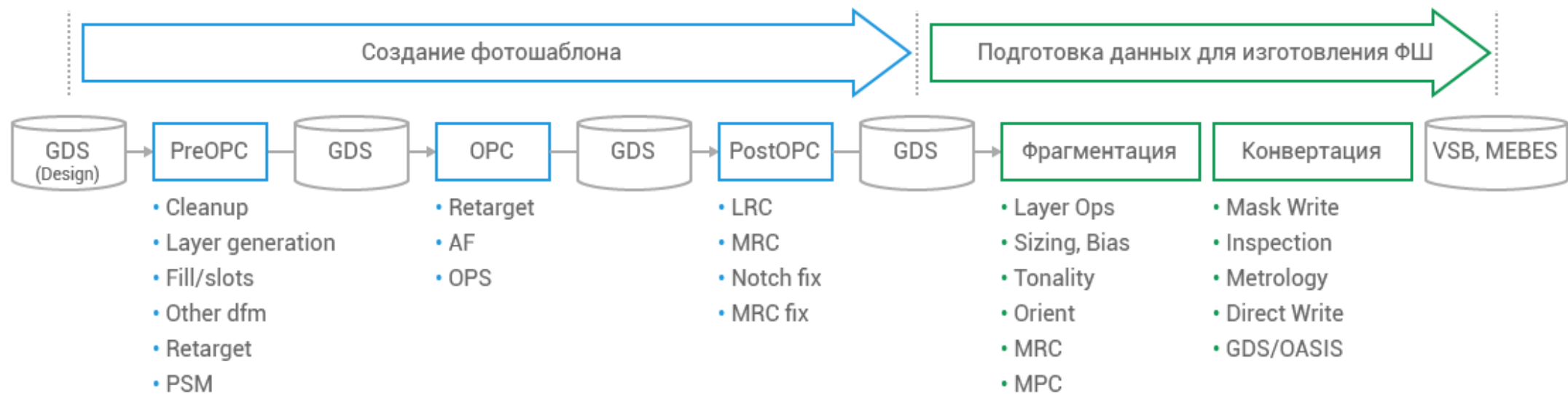


Рисунок 8.5 – Линейка компонентов платформы Synopsys на примере базового маршрута проектирования фотошаблонов

Таблица 8.3 – Соответствие применимости программных модулей Mentor Graphics Calibre для уровня 180-32 нм

Модуль САПР	Уровень технологии изготовления фотошаблона					Модуль САПР	Уровень технологии изготовления фотошаблона				
	180 нм	130 нм	90 нм	65 нм	32 нм		180 нм	130 нм	90 нм	65 нм	32 нм
Базовые операции:						SRAF:					
Calibre Interactive Ap SW	+	+	+	+	+	Calibre OPCsbar Op SW		+	+	+	+
Calibre WORKbench Ap SW						pixel based SRAF					
Calibre DESIGNrev Ap SW						Double Patterning:					
DRC:						DPSynth					+
Calibre nmDRC Ap SW	+	+	+	+	+	DPCheck					
Calibre nmDRC-H Op SW						TDOPC rule based:	+	+	+	+	+
Calibre MT-2nd CPU Op SW						Calibre TDopc Op SW					
LVS:						MBOPC sparse:					
Calibre nmLVS Ap SW						Calibre OPCpro Op SW		+	+	+	+
Calibre nmLVS-H Op SW	+	+	+	+	+	Calibre MT-OPCpro Op SW					
Calibre ADP Op SW						MBOPC dense:					
Calibre PERC						Calibre nmOPC Op SW					+
Parasitic Extraction:						Calibre nmOPC-CPA Op SW					
Calibre xRC Ap SW	+	+	+	+	+	Post OPC Verification:					
Calibre xL Op SW						Calibre PRINTimage Op SW		+	+	+	+
DFM:						Calibre OPCverify Op SW					
Calibre CMPAnalyzer Op SW						Calibre Verification Ctr Op SW					
Calibre YieldAnalyzer Bnd SW			+	+	+	Fracturing & MDP:					
Calibre YieldEnhancer Bnd SW						Calibre FRACTUREm Op SW					
Calibre YieldServer Ap SW						Calibre MDPverify					
LFD:						Calibre MDPview Ap SW	+	+	+	+	+
Calibre LFD Ap SW				+	+	Calibre MPCpro Op SW					
Calibre MTLFD Op SW						Calibre MDPmerge Op SW					
						Calibre MDP Embedded SVRF Op SW					

Таблица 8.4 – Соответствие применимости программных модулей Synopsys CATS для уровня 180-32 нм

Модуль САПР	Уровень технологии изготовления фотошаблона				
	180 нм	130 нм	90 нм	65 нм	32 нм
Базовые операции					
CATS Adv. Fracturing	+	+	+	+	+
CATS-DP Start		+	+	+	+
CATS-DP10		+	+	+	+
CATS-Graphics System	+	+	+	+	+
CATS-Frame Generation	+	+	+	+	+
CATS-Vertex Treatment	+	+	+	+	+
CATS Manuf. Rules Checking	+	+	+	+	+
CATS-MRC DP			+	+	+
CATS-MRC DP10			+	+	+
Создание JOBDECK					
CATS-MEBES Jobdeck Editing	+	+	+	+	+
CATS-MEBES Jobdeck Viewing	+	+	+	+	+
Вывод подготовленных данных					
CATS-MEBES Lith. OP DP		+	+	+	+
CATS-Design Format Output	+	+	+	+	+
CATS-MEBES Lith. OP Format	+	+	+	+	+

Модуль САПР	Уровень технологии изготовления фотошаблона				
	180 нм	130 нм	90 нм	65 нм	32 нм
OPC					
Proteus Pipeline Framework		+	+	+	+
Proteus DPT Base					+
Proteus DPT DP4					+
Proteus MBAF			+	+	+
Proteus MBAF DP4			+	+	+
Верификация					
Proteus LRC Base		+	+	+	+
Proteus LRC DP4		+	+	+	+
Визуализация данных и интеграция средств CATS и других в единый маршрут					
IC WorkBench Plus	+	+	+	+	+
Литографическое моделирование и создание моделей оптической коррекции					
TCAD Sentaurus Litho Base mod.		+	+	+	+
TCAD Sentaurus Litho e-beam mod.		+	+	+	+
TCAD Sentaurus Litho Optical mod.		+	+	+	+
TCAD MS Progen, OPC Mod Gen		+	+	+	+
Proteus MetroKit		+	+	+	+

Таблица 8.5 – Описание программных модулей Mentor Graphics Calibre

Модуль САПР Mentor Graphics	Назначение
Базовые операции:	
Calibre Interactive Ap SW	Графический пользовательский интерфейс с возможностью настройки под конкретные требования пользователя и маршруты проектирования
Calibre WORKbench Ap SW	Интерактивная среда разработки моделей фотолитографии и настройки процесса моделирования для Calibre OPCpro, Calibre ORC, Calibre PRINTimage. Встроенный визуализатор GDS/OASIS
Calibre DESIGNrev Ap SW	Среда просмотра и редактирования топологии в формате GDS/OASIS
DRC:	
Calibre nmDRC Ap SW	DRC контроль «плоской» модели базы данных проекта. Встроенные возможности SVRF
Calibre nmDRC-H Op SW	Опция к Calibre nmDRC, которая позволяет работать с иерархическими проектами и обеспечивает высокую производительность верификации проектов до 0,22 мкм объемом в десятки миллионов транзисторов
Calibre MT-2nd CPU Op SW	Опция распараллеливания (multi-thread) Calibre DRC или Calibre LVS на четырех дополнительных процессорах

Таблица 8.5 – Описание программных модулей Mentor Graphics Calibre (продолжение)

Модуль САПР Mentor Graphics Calibre	Назначение
DFM:	
Calibre CMPAnalyzer Op SW	Система анализа планарности для химико-механической полировки (CMP) и заполнения
Calibre YieldAnalyzer Bnd SW	Система статистического анализа выхода годных в зависимости от отклонений от DFM правил проектирования
Calibre YieldEnhancer Bnd SW	Система коррекции по результатам работы Calibre YieldAnalyzer (увеличение зазоров, дублирование via, коррекция формы окончаний проводников и т.п.)
Calibre YieldServer Ap SW	Сервер базы данных DFM для двух предыдущих пакетов.
LFD:	
Calibre LFD Ap SW	Система моделирования процесса фотолитографии и влияния его отклонений на выход годных. Генерирует индекс вариативности проекта (DVI), позволяя выделить проблемные зоны и выбрать конфигурацию, обеспечивающую максимальный выход годных.
Calibre MTLFD Op SW	Опция распараллеливания (multi-thread) Calibre LFD на четырех дополнительных процессорах

Таблица 8.5 – Описание программных модулей Mentor Graphics Calibre (продолжение)

Модуль САПР Mentor Graphics Calibre	Назначение
OPC:	
Calibre TDopc Op SW	Система оптимизации ширины и окончания линий при оптической коррекции (команды OPCLINEEND and OPCBIAS)
Calibre OPCpro Op SW	Полнофункциональная система оптической коррекции для увеличения выхода годных.
Post OPC Verification:	
Calibre PRINTimage Op SW	Система пост-OPC верификации в sparse-режиме для моделей типа VTR / VTRE / VT5
Calibre OPCverify Op SW	Система пост-OPC верификации в dense-режиме (grid based) для моделей типа CM1 и PLM
Calibre Verification Ctr Op SW	Среда управления и просмотра результатов процесса верификации

Таблица 8.5 – Описание программных модулей Mentor Graphics Calibre (продолжение)

Модуль САПР Mentor Graphics Calibre	Назначение
Fracturing & MDP:	
Calibre FRACTUREm Op SW	Генератор файлов для записи маски (фотошаблона) в формате MEBES Modes 4 & 5 с компрессией
Calibre MDPverify	Система верификации файлов для записи маски относительно исходного GDSII
Calibre MDPview Ap SW	Быстрый просмотр GDSII (и базовое редактирование) плюс просмотр файлов записи маски (MEBES). Интегрирован с Calibre RVE для графической отладки по результатам DRC, LVS и ORC.
Calibre MPCpro Op SW	Модификация топологии по результатам процесса коррекции маски (эффекты "линейности", "близости", конволюции, "затуманивания" и др.
Calibre MDPmerge Op SW	Объединение нескольких VSB11 файлов в единый выходной файл
Calibre MDP Embedded SVRF Op SW	Выполнение Calibre SVRF скриптов, встроенных в генератор фотошаблона

Таблица 8.6 – Описание программных модулей Synopsys CATS

Модуль САПР	Назначение
Базовые операции	
CATS Adv. Fracturing	Ядро системы CATS для работы с иерархическими проектами и возможностью распараллеливания вычислений
CATS-DP Start	Ядро системы CATS для работы с иерархическими проектами и возможностью распараллеливания вычислений
CATS-DP10	распределение работы CATS на 10 процессоров
CATS-Graphics System	Графическая подсистема CATS (GUI)
CATS-Vertex Treatment	Генератор т.н. "фрейма"
CATS-Synthesis Module	ОРС на основе правил (rule based OPC)
CATS Manuf. Rules Checking	проверка фотошаблонов на соответствие правилам проектирования с возможностью распараллеливания
CATS-MRC DP	лицензия для распараллеливания проверки фотошаблонов на соответствие правилам проектирования
CATS-MRC DP10	распараллеливание процесса проверки MRC на 10 процессоров

Таблица 8.6. Описание программных модулей Synopsys CATS (продолжение)

Модуль САПР	Назначение
Создание JOBDECK	
CATS-MEBES Jobdeck Editing	генерация jobdeck в формате MEBES
CATS-MEBES Jobdeck Viewing	визуализация jobdeck в формате MEBES
Вывод подготовленных данных	
CATS-MEBES Lith. OP DP	генерация выходных файлов jobdeck в формате MEBES с распараллеливанием на 10 процессоров
CATS-Design Format Output	генерация выходных данных формате GDSII или OASIS
CATS-MEBES Lith. OP Format	генерация выходных файлов в формате MEBES
Проведение OPC	
Proteus Pipeline Framework	Инструмент для управления подготовкой данных для обработки в конвейерном режиме
Proteus DPT Base	Proteus DPT (Double Patterning Technology) использует всевозможные способы коррекции, в том числе LELE (Litho-Etch-Litho-Etch), Spacer и DDL (Dual Dipole Lithography). Поддерживает возможность распараллеливания вычислений
Proteus DPT DP4	распараллеливание Proteus на 4 процессора
Proteus MBAF	Добавление ассистирующих фигур на основе моделей с возможностью распараллеливания на несколько процессоров
Proteus MBAF DP4	распараллеливание Proteus MBAF на 4 процессора

Таблица 8.6 – Описание программных модулей Synopsys CATS (продолжение)

Модуль САПР	Назначение
Верификация	
Proteus LRC Base	Инструмент для сравнения кремния и GDSII. Инструмент литографической верификации для разработки маршрута синтеза фотошаблонов и осуществления послепроизводственного нормо-контроля синтеза фотошаблонов.
Визуализация данных и интеграция средств CATS и других в единый маршрут	
IC WorkBench Plus	автоматизированное рабочая среда визуализации топологии, фотошаблонов и литографической информации
Литографическое моделирование и создание моделей оптической коррекции	
TCAD Sentaurus Litho Base mod.	Инструмент для запуска моделирования процесса литографии (фото, EUV и электронной) с возможностью просмотра результатов и централизованного управления базой данных.
TCAD Sentaurus Litho e-beam mod.	осуществляет литографическое моделирование процессов электронной литографии.
TCAD Sentaurus Litho Optical mod.	осуществляет литографическое моделирование процессов фото литографии.
TCAD MS Progen, OPC Mod Gen	Необходим для содействия Proteus OPC для создания моделей. Гибкое и программируемое ядро моделирования. Испытан в производстве.
Proteus MetroKit	Инструмент для поддержки измерений и моделирования процедуры оптической коррекции. Включает возможности генерации тестовых фигур, управления сканирующим электронным микроскопом и экстракцию данных SEM. Работает совместно с IC Workbench Plus или Proteus Workbench

8.3. Разработка маршрутных карт, описывающих последовательность технологических операций проектирования фотошаблонов для заданного технологического уровня

Заключительным этапом разработки технологического процесса изготовления комплекта фотошаблонов является составление и заполнение пакета технологической документации.

В нанoeлектронике ввиду разрозненности производственных и проектировочных участков технологическая документация больше, чем где бы то ни было, определяет взаимоотношения различных служб и производственных подразделений, является фактором, обеспечивающим ускорение технического прогресса, рост эффективности производства и повышение производительности труда. Она решает две основные задачи — информационную и организационную.

Решая *информационную задачу*, технологическая документация обеспечивает изготовление деталей и сборочных единиц, служит средством организации труда рабочих и несет информацию для служб управления производством, в том числе используемую для определения плановой и фактической себестоимости, производительности труда, производственной мощности и загрузки оборудования участков, цехов и предприятий в целом.

Являясь носителем информации о нормах расхода материалов, технологическая документация обеспечивает планирование и подготовку производства и т.д.

При решении *организационной задачи* технологическая документация связывает определенным образом участников производства (исполнителя, мастера, технолога), устанавливает определенные отношения между различными участками производства (инструментальное хозяйство, основное и вспомогательное производство), выполняет функцию организационной документации.

Состав и формы карт, входящих в комплект документов, зависят от вида технологического процесса (единичного, типового), типа производства и степени использования разработчиком средств вычислительной техники.

Маршрутная карта является основной и неотъемлемой частью комплекта технологических документов, разрабатываемых на технологические процессы изготовления или ремонта изделий и их составных частей.

Возможны два варианта описания технологического процесса:

Маршрутное описание – используют для экспериментального и мелкосерийного производства.

При маршрутном описании заполняют маршрутные карты, в которых кроме перечня операций предусматривается также их краткое описание, т.е. записывается последовательность выполнения переходов без указания режимов резания.

При этом в маршрутной карте заносят данные об оборудовании, оснастке, режущем и мерительном инструменте, трудоемкости выполнения отдельных переходов и всей операции в целом, а также квалификация выполняемых операций.

Операционное описание – применяется в крупносерийном и массовом производствах.

При операционном описании заполняют маршрутные и операционные карты.

При этом маршрутные карты играют роль сводного документа, в котором указывается: адресная информация (номер цеха, участка, рабочего места, операции), наименование операции, перечень документов, применяемых при выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты.

В операционных картах приводится полное описание вспомогательных и основных переходов, записанных в технологической последовательности их выполнения, применяемое технологическое оборудование, оснастка, измерительный инструмент, указываются рабочие режимы и проводится техническое нормирование операций.

Формы маршрутной карты, установленные ГОСТ 3.1118-82, являются унифицированными, и их следует применять независимо от типа и характера производства и степени детализации описания технологических процессов.

Допускается применение внутренних правил оформления и заполнения маршрутных и операционных карт, если они используются только на данном предприятии.

Особое значение технологическая документация приобретает в условиях автоматизированного управления производством (АСУП), создавая основу информационного обеспечения и играя роль обратной связи.

При стандартизации технологической документации учитывается не только ее прямое назначение, но и возможность ее использования с применением современных технологических средств, например, программный редактор «Маршрутная карта» от компании «Аппиус».