

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

В. М. КУРЕЙЧИК, Л. А. БОЛИ, Б. Г. КОНОПЛЕВ, М. А. ҚАРАПЕТЯН

САПР СБИС С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

Эффективная реализация достижений современной микроэлектронной технологии в значительной степени определяется наличием соответствующих средств автоматизации проектирования. Данное положение приобретает особую актуальность при проектировании специализированных СБИС с функциональной производительностью до 10^{13} вентиль $Гц/см^2$. Существующие САПР СБИС не в полной мере удовлетворяют потребностям производства. Им присущи некоторые недостатки: 1) возможность организации процесса проектирования только для одного конкретного технологического процесса изготовления СБИС; 2) ограниченность уровня автоматизации, определяющая необходимость привлечения к процессу проектирования квалифицированных специалистов; 3) отсутствие возможности организации автоматизированного сквозного проектирования топологии кристалла от уровня описания структурной схемы СБИС до изготовления фотошаблонов; 4) переход на новую САПР при изменении технологического процесса и необходимость переподготовки обслуживающего персонала; 5) ограниченное число входов в САПР, что затрудняет интеграцию различных средств автоматизации проектирования СБИС в единую систему; 6) необходимость одновременного сопровождения большого числа САПР для получения проектных решений по каждому технологическому варианту. Эти обстоятельства определяют актуальность совершенствования организации САПР СБИС и отдельных компонентов их обеспечения.

Синтез топологии микросхемы выполняется в соответствии с конструктивно-технологическими ограничениями и правилами проектирования. Конструктивно-технологические ограничения (проектные нормы) определяют предельные значения геометрических размеров топологических элементов. Правила проектирования определяют взаимное расположение топологических элементов как в одном слое (на одном шаблоне), так и в разных слоях (на совмещаемых участках разных шаблонов). При переходе от одного конструктивно-технологического варианта СБИС к другому изменяются правила проектирования и конструктивно-технологические ограничения.

Рассмотрим обобщенные модели в САПР для используемого набора технологий СВИС. Анализ технологии изготовления микросхем в [1] показал, что на практике используется от 4 до 13 слоев (шаблонов). При увеличении числа слоев более 13—15 процент выхода годных микросхем существенно снижается. На рис. 1 в качестве примера представлены структуры некоторых элементов, используемых в СВИС: И²Л (а), И²Л с металлической базовой перемычкой (б), *n*-МОП (в), КМОП (г). В табл. 1 сведены обозначения слоев (шаблонов) для различных технологий: *D* — диффузия или имплантация примесей; *L* — изоляция; *P* — поликремний; *C* — изолирующий слой с контактными окнами; *M* — слой проводников.

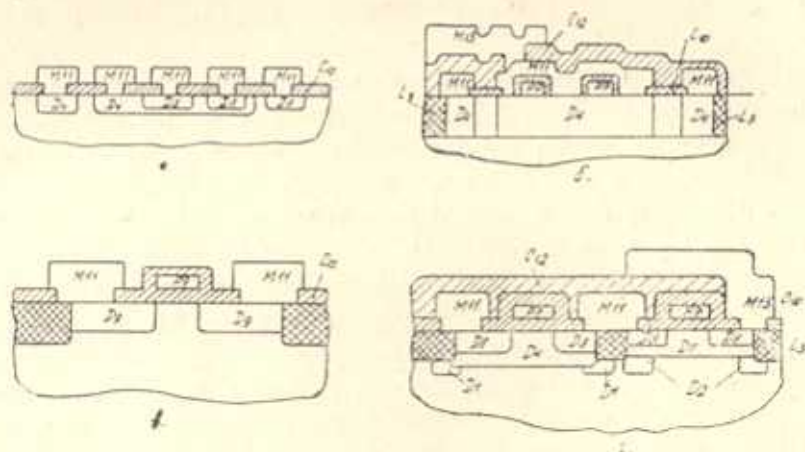


Рис. 1. Структура основных элементов СВИС: И²Л (а), И²Л (б), *N*-МОП (в), КМОП (г).

Таблица 1

Расширяемый набор и обозначения слоев основных конструктивно-технологических вариантов СВИС.

№	Функция	Обознач.	И ² Л (4Ф/Ш)	И ² Л МБС (7Ф/Ш)	К МОП (12Ф/Ш)	<i>N</i> -МОП (4Ф/Ш)
1	Скрыт. слой (диф. имп.)	<i>D</i> ₁	—	—	<i>D</i> ₁	—
2	Диффузия (имп.)	<i>D</i> ₂	—	—	<i>D</i> ₂	—
3	Изоляция	<i>L</i> ₃	—	<i>L</i> ₃	<i>L</i> ₃	<i>L</i> ₃
4	Диффузия (имп.)	<i>D</i> ₄	<i>D</i> ₄	<i>D</i> ₄	<i>D</i> ₄	—
5	Диффузия (имп.)	<i>D</i> ₅	<i>D</i> ₅	—	<i>D</i> ₅	—
6	Контакт	<i>C</i> ₆	—	—	—	—
7	Поликремний	<i>P</i> ₇	—	<i>P</i> ₇	<i>P</i> ₇	<i>P</i> ₇
8	Диффузия (имп.)	<i>D</i> ₈	—	—	<i>D</i> ₈	—
9	Диффузия (имп.)	<i>D</i> ₉	—	—	<i>D</i> ₉	<i>D</i> ₉
10	Контакт	<i>C</i> ₁₀	<i>C</i> ₁₀	<i>C</i> ₁₀	<i>C</i> ₁₀	<i>C</i> ₁₀
11	Металла	<i>M</i> ₁₁	<i>M</i> ₁₁	<i>M</i> ₁₁	<i>M</i> ₁₁	<i>M</i> ₁₁
12	Контакт	<i>C</i> ₁₂	—	<i>C</i> ₁₂	<i>C</i> ₁₂	—
13	Металла	<i>M</i> ₁₂	—	<i>M</i> ₁₂	<i>M</i> ₁₂	—

Анализ различных схемно-конструктивных и технологических вариантов реализации СБИС показал, что приведенный в табл. 1 набор слоев достаточен для реализации практически всех типов микросхем.

Таблица 2
Обобщенное описание сочетаний слоев.

Табл. 2 представляет собой обобщенное описание разрешенных и запрещенных (—) сочетаний слоев микросхем, реализованных с использованием набора шаблонов, приведенного в табл. 1. Точкой отмечены сочетания, включающие одноименные слои. Сочетание типа $M_{11} \times M_{12}$ обозначают контакт между слоями. При необходимости увеличить количество слоев (шаблонов) сверх 13, табл. 3 легко дополнить.

При настройке САПР на конкретное задание задаются слои используемой структуры, как показано на рис. 1 и в табл. 1, или указывается тип структуры, если ранее уже использовался данный конструктивно-технологический вариант и информация о данном варианте имеется в архиве САПР.

В управляющем ядре обобщенная табл. 3 упрощается исключением неиспользуемых слоев. Аналогично, в ядре автоматически формируется описание для любого данного конструктивно-технологического варианта микросхемы.

Автоматизированное проектирование СБИС на базовом наборе технологических вариантов предполагает использование архитектуры САПР, отличающейся от традиционной. Предлагается использовать следующую архитектуру САПР СБИС (рис. 2). Отличительными признаками такой САПР являются:

- наличие возможностей перестроения архитектуры под конкретный технологический процесс изготовления СБИС;
- использование унифицированных формализованных моделей кристаллов СБИС для набора различных технологий (I^3L , n — МОП,

КМОП, И²Л и др.) в сочетании с соответствующими алгоритмами решения конструкторских задач;

— использование универсальных алгоритмов на всех этапах проектирования СБИС, адаптирующихся к специфическим ограничениям конкретных технологий;

— наличие в ПО САПР специальных блоков, организующих перестроение архитектуры САПР на конкретный технологический процесс;

— наличие организации нисходящего и восходящего процессов проектирования в одной САПР;

— наличие нескольких входов в САПР, т. е. возможность проектирования от структурной, функциональной, принципиальной схем, а в перспективном варианте — проектирование от описания поведения объекта проектирования;

— присутствие расширенной базы данных с библиотекой проектных решений по всему набору технологических вариантов.

САПР СБИС С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

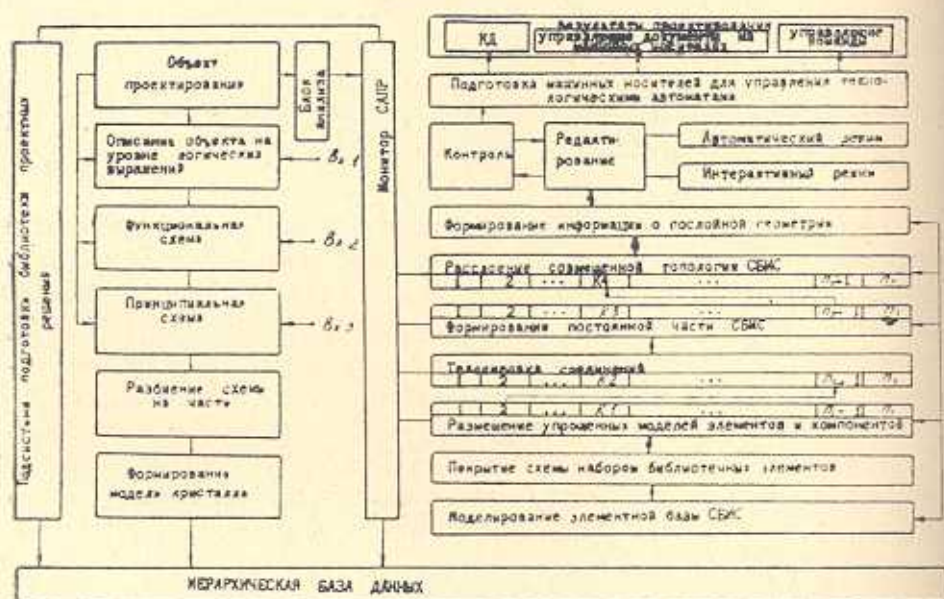


Рис. 2. САПР СБИС с перестраиваемой архитектурой.

Важным средством управления процесса проектирования служит использование иерархии используемых проектных решений, в частности, при конструировании кристалла и выполнении проверки правильности использования правил проектирования топологии. В основе этих методов лежит структурированное иерархическое представление топологии СБИС и использование упрощенного представления фрагментов топологии при их передаче для проверки на более высокий уровень иерархии. Упрощенное описание отражается структурой данных, состоящей из: 1) размеров аппроксимирующего прямоугольника; 2) списка

атрибутов внешних выводов фрагментов, которые включают информацию об их геометрических, электрических и логических свойствах. Фрагменты топологии нижнего уровня иерархии содержат ссылки только на топологические примитивы, а фрагменты топологии последующих уровней наряду с топологическими примитивами могут содержать ссылки на другие параметры топологии. На основе этих описаний формируется набор описаний структурных и функциональных компонентов СБИС, которые оформляются в виде процедур. При конструировании топологии полное и упрощенное описания фрагментов формируются посредством обращения к процедуре с указанием необходимых параметров, предусмотренных описанием (разрядности, электрических характеристик и т. п.).

Использование технологически инвариантных САПР с перестраиваемой архитектурой позволяет реализовать новые дополнительные возможности. К этим достоинствам следует отнести: 1) возможность перестройки архитектуры САПР для реализации различных методологий проектирования без перехода к новой САПР; 2) наличие нескольких входов в САПР, с которых можно выполнять проектирование топологии кристалла; 3) ограничение уровней представления СБИС, которые необходимы для организации процесса проектирования; 4) технологическая инвариантность возможно большого числа уровней описания проектных решений; 5) формализация описания конструкторско-технологических требований технологических процессов изготовления кристаллов и возможность их использования в процессе адаптации компонентов обеспечения САПР; 6) отсутствие необходимости приобретения, внедрения и сопровождения новых САПР при переходе на новую технологию изготовления СБИС.

Վ. Մ. ԿՈՒՐԵՅԶՅԱՆ, Լ. Ա. ԲՈՒԻ, Բ. Գ. ԿՈՆՊԼԵՎ, Ա. Մ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ՎԵՐԱԿԱՍԱՎՈՐՎՈՂ ԿԱՌՈՒՅՎԱԾՔՈՎ ԳԵՐՄԵՆ ԻՆՏԵԳՐԱԿ
ՍԵՆՏՐԱՆԵՐԻ ԱՎՏՈՄԱՏ ԿԱՆԱԳԾՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Դիտարկվում են վերադասավորվող կառուցվածքով տեխնոլոգիային հնվարիանտ ԱՆՀ ԳՄԻՍ-ի ստեղծման հարցերը, ինչպես նաև զրանց հետ կապված մեթոդական, մաթեմատիկական, ծրագրավորման և ինֆորմացիոն ապահովման բազադրիչների փոփոխման կազմակերպումը: Ներկայացված է տեխնոլոգիային հնվարիանտ ԱՆՀ ԳՄԻՍ կառուցվածքը և նախագծման պրոցեսի ավտորիթմը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Интегральные схемы с микронными и субмикронными размерами (тематический выпуск). — ТИИЭР, 1983, т. 71, № 5—163 с.