

В разработанных методах автоматизированного проектирования сочетается применение программных комплексов «САПР ПЭС» [1] и Sentaurus TCAD (Synopsys)[®] [2]. «САПР ПЭС» обеспечивает очень быстрый — за единицы минут — статический анализ ячейки с приближенно заданным профилем примеси и планарной поверхностью, а комплекс Sentaurus (TCAD (Synopsys)) позволяет перейти к модели ячейки с детализированным профилем примеси с анализом ее работы в динамическом режиме с учетом объемных процессов накопления фотогенерированного заряда.

Разработаны методы анализа и оптимизации:

- выходного сдвигового регистра фоточувствительных ПЭС;
- ПЭС-ячеек с вертикальным и планарным антиблумингом;
- транзисторов выходного устройства ФПЭС СВИС;
- разрешающей способности ФПЭС и КМОП-ФД СВИС;
- КМОП-ФД-ячеек.

Таким образом, с помощью созданных методов моделирования могут быть оптимизированы структура профилей примеси, топология и управляющие напряжения фоточувствительных СВИС всех типов, разрабатываемых на предприятии. Разработанные методы также применены при создании новых перспективных твердотельных фотопримников.

Литература

1. Пугачёв А.А. Двумерное моделирование потенциала и заряда в сложных структурах ВИС на ПЭС. — Электронная промышленность, 1993, № 6—7, с. 80—86.
2. www.synopsys.com/tools/tcad/

Ключевые слова: приборно-технологическое моделирование, фоточувствительные СВИС, ПЭС, КМОП-ФД.

Моделирование КНИ МОП-транзисторов для высокотемпературных КМОП интегральных схем (до 300 °С)

Лебедев С. В.¹, Петросьянц К. О.^{2,3}, Попов Д. А.², Самбурский Д. М.^{2,3}, к.т.н., Смахин В. Г.¹, Харитонов И. А.^{2,3}

¹ Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»,

124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, д. 1

² научно-исследовательский университет «Высшая школа экономики» (Московский институт электроники

и математики), 123458, г. Москва, ул. Таллинская, д. 34

³ Институт проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук,

124365, г. Москва, г. Зеленоград, ул. Советская, дом 3,

тел. +7 (495) 772 95 90, доб. 22309, lsambur@hse.ru

Благодаря прогрессу, достигнутому в технологии КМОП ИС со структурой КНИ, стало возможным создание широкой номенклатуры ИС и ВИС с рабочей температурой до 300 °С и выше. При решении задачи создания на базе КНИ КМОП-технологии высокотемпературных (с предельной рабочей температурой до 300 °С) полупроводниковых микросхем для различных применений необходимо использовать методы и средства компьютерного моделирования. К сожалению, существующие в настоящее время TCAD- и SPICE-модели КНИ МОПТ рассчитаны на диапазон рабочих температур до +150 °С. В настоящей работе диапазон существующих стандартных моделей КНИ МОПТ расширен до 300 °С.

TCAD-модели субмикронных и глубоко субмикронных КНИ МОПТ, по сравнению со стандартными моделями, содержат зависимости подвижности, изменения ширины запрещенной зоны, механизмов переноса носителей, теплопроводимости, теплоемкости решетки и др., действительные в расширенном диапазоне температуры. Модели учитывают различный характер зависимости тока от напряжения при различном уровне напряжений и температуры, вызванный

противоположными температурными зависимостями диффузионных и дрейфовых токов. Параметры использованных зависимостей определяются из результатов измерений физических и электрических параметров структур с использованием разработанных процедур подгонки.

SPICE-модели субмикронных и глубоко субмикронных КНИ МОПТ основаны на стандартной модели BSIMSOI v3 и в дополнение к ней содержат *аппроксимирующие выражения* от температуры для параметров, зависящих от высокой температуры: для порогового напряжения, подвижности, напряжения насыщения, продольного сопротивления, перекрытия канала, тока ударной ионизации, предпорогового наклона, а также токов утечки *r-n*-переходов. Встроенные температурные коэффициенты модели BSIMSOI обнуляются.

Методики определения параметров моделей КНИ МОПТ с использованием программы экстракции ISSAP основаны на результатах измерений или TCAD-моделирования электрических характеристик транзисторов при нескольких значениях температуры.

Модели включены в коммерческие пакеты программ SPECTRE, ELDО, HSPICE и др.

Точность TCAD- и SPICE-моделей составляет 10—15% при описании статических характеристик, 20—25% — динамических.

Приведены примеры использования моделей для расчета цифровых и аналоговых фрагментов высокотемпературных КМОП ИС.

Литература

1. M. Jurgowski, A. Raman. Device-circuit Models for Extreme Environment Space Electronics // Proc. of 19-th Intern. Conf. "Mixed Design of Integrated Circuits and Systems" (MIXDES 2012), Warsaw, Poland, May 2012, pp. 350—355.
Ключевые слова: КНИ МОП-транзисторы, TCAD- и SPICE-модели, высокотемпературная электроника, САПР.

МИКРОСИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Разработка технологических процессов изготовления микроакселерометров и датчиков угловой скорости (микрогироскопов)

Тимошенко С.П., д.т.н., профессор, Волгоград А.И.,

Тимошенко А.С., к.т.н.,

МИЭТ, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, д. 1,
тел. +7 (499) 720 87 67, <http://cahredra.me>, spt@miee.ru

Технологии изготовления различных микроэлектромеханических систем (МЭМС) достаточно многообразны и позволяют использовать многие полупроводниковые, диэлектрические и проводящие материалы — кремний, кремний-германий, стекло, кварц, керамику, сетне-тоэлектрики, металлы, органические полимеры и т.д. Использование традиционных технологических процессов микроэлектроники на монокристаллическом кремнии существенно облегчает процессы проектирования и изготовления МЭМС и значительно удешевляет стоимость изделий. Однако существуют специфические операции, специально разработываемые для МЭМС, которые позволяют достигать уникальных параметров в конечных изделиях. К таким операциям можно отнести операции прецизионного селективного травления (химическое, плазмохимическое и т.д.), сращивание подложек, формирование многослойных структур и др.

Операция глубокого травления кремния является одной из основных и ответственных в технологическом процессе изготовления ряда чувствительных элементов (ЧЭ) структур МЭМС. Она является также одной из самых сложных. Это связано с необходимостью одновремен-