

Научно-техническая конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов  
МИЭМ 2009

## РАЗРАБОТКА БАЗЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И 3D-НАНОСТРУКТУР РАЗЛИЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ В ПЕРЕХОДНОЙ СХЕМОТЕХНИКЕ

С.В.Мазов

Факультет Автоматики и Вычислительной Техники

Данная работа актуальна для использования в наноиндустрии, т.к. представляет собой результат математического и схемотехнического моделирования базовых элементов для трехмерных СБИС, построенных с использованием нового подхода и новой схемотехники.

Целью и содержанием работы является практическая реализация переходной схемотехники для 3D СБИС в виде базы математических моделей и структур базовых интеллектуальных элементов (логических и памяти) различной размерности. В настоящее время в Японии продолжаются разработки первых трехмерных транзисторов с целью уменьшения их площади и следовательно увеличения степени интеграции интегральных схем на основе данных транзисторов. Поскольку планарные транзисторы уже почти достигли предела миниатюризации, возникла необходимость кардинальных перемен и инноваций в области полупроводниковых элементов. Данная разработка позволит еще больше уменьшить площадь и увеличить степень интеграции элементов благодаря оптимальности используемых математических моделей. Кроме того, она позволит минимизировать расходы при изготовлении элементов.

Переходная схемотехника является наиболее оптимальным выбором при разработке 3D интеллектуальных наноструктур. В отличие от традиционной транзисторной схемотехники, в ней минимальным элементом структуры является не транзистор, а физический переход между материалами, имеющими различные свойства. Таковыми могут быть кремний, окислы, металлы и т.п. Элементы, построенные на основе переходной схемотехники, превосходят по всем техническим параметрам (таким, как информационная плотность, мощность, быстродействие) подобные элементы на основе транзисторной схемотехники. Математические модели таких элементов представляют из себя неориентированный граф, состоящий из вершин, которые соответствуют материалам, и ребер, которые обозначают переходы между материалами. Математические модели некоторых наноструктур очень похожи на математические модели органических молекул. Например, оптимизированная модель RS-триггера похожа на бензольное кольцо, а регистр, состоящий из таких триггеров, напоминает

Автор:

26.02.2009 01:39 - Обновлено 17.03.2010 23:02

---

структуру ДНК.

Примерами переходов в переходной схемотехнике могут быть: p-n переход, переход полупроводник-диэлектрик и т.д. Из таких переходов синтезируется граф математической модели элемента, который может представлять собой дерево или содержать циклы.

Для того чтобы создать базу 3D-наноструктур и их математических моделей, была организована электронная научно-исследовательская лаборатория студентов N3D (Nano-3D), члены которой в своем информационном портеле собирают информацию, касающуюся нанотехнологий и наноструктур, со всего мира. Изучив необходимые теоретические сведения о построении структур в переходной схемотехнике, они создали базу наноструктур, в которую входят: p-n переход; p-n-p и n-p-n транзисторы; элементы «HE», «I-HE», «ИЛИ-HE»; RS-триггер; регистр на основе RS-триггеров. Отличительной особенностью всех этих элементов является то, что их функции реализованы минимальным количеством полупроводниковых областей и соединений. Работоспособность элементов была подтверждена моделированием их эквивалентных транзисторных схем в программе T-Spice. Так, например, 3D элемент «I-HE» КТТЛ имеет следующие параметры (при напряжении питания  $E=2.50$  В): логические уровни  $U_0=2.01$  В,  $U_1=0.04$  В; запасы помехоустойчивости  $U_{П+}=0.62$  В,  $U_{П-}=1.24$  В; задержка элемента  $\tau=3.163$  нс; длительности фронтов  $t_{ф+}=12.287$  нс,  $t_{ф-}=2.836$  нс. Из этого можно сделать вывод, что данная схема является весьма быстродействующей и устойчивой к помехам.

Эти параметры далеко не окончательные, т.к. моделировалась эквивалентная транзисторная схема. Но уже на данном этапе видно, что у подобных рассмотренному выше элементов большие перспективы в плане повышения быстродействия и помехоустойчивости элементов интегральных схем.

Также лаборатория пытается улучшить параметры существующих транзисторных схем, оптимизируя количество полупроводниковых областей в них и изменяя структуру схемы для адаптации ее к 3D-наносхемотехнике. Так, была разработана 3D схема МЭСЛ, в которой вместо резисторов функционально интегрированы МОП-транзисторы.

Для описания элементов в переходной схемотехнике были разработаны семантический и графический языки.

Данная работа обладает межотраслевой и технической значимостью, так как в студенческой лаборатории ведется разработка актуальных оптимальных базовых элементов для 3D СБИС.

Вся работа лаборатории представляет собой предпроектную подготовку, позволяющую перейти от оптимальных математических моделей к моделям структуры.

Эффект от внедрения данной работы возможен при создании инфраструктуры, которая позволит от математического и схемотехнического моделирования перейти к практической технологической реализации.

Для превращения проекта в коммерческий необходимы инвесторы. Для привлечения инвесторов был создан рекламный фильм, представляющий работы лаборатории, который в ближайшее время будет представлен среди работ МИЭМ на международной выставке СеВIT'2009.

Для продвижения проекта необходима активация технологов и программистов для разработки более подробных технологий и физического компьютерного моделирования трехмерных наноструктур  $N>3$ . На данный момент провести достаточно точное

Автор:

26.02.2009 01:39 - Обновлено 17.03.2010 23:02

---

моделирование таких структур невозможно ввиду отсутствия соответствующего программного обеспечения.

Лаборатория N3D создана в рамках федеральной научной программы «Моделирования 3D-наносхемотехники», руководителем которого является профессор Трубочкина Н.К (кафедра ВСиС), которая читает в институте лекции по схемотехнике.

В плане лаборатории - дальнейшее развитие базы математических моделей интеллектуальных структур 3D СБИС. Предполагается написание статей и защита прав на интеллектуальную собственность в виде патентов на структуры.

Данная работа является результатом коллективного труда студентов электронной лаборатории N3D. В поддержку лаборатории создан информационный портал <http://n3d.miem.edu.ru>

, где члены лаборатории обмениваются информацией, загружают свои работы для просмотра их другими участниками проекта. Это типичный пример современной электронной лаборатории, повышающей эффективность общения, сбора информации и документооборота.