

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИОДНОЙ СТРУКТУРЫ В СРЕДЕ TCAD

Окунев А. Ю.

научный руководитель канд. физ.-мат. наук Левицкий А. А.

Сибирский федеральный университет

Институт инженерной физики и радиоэлектроники

К современной электронной аппаратуре, как общего, так и специального назначения, предъявляются все более жесткие требования по повышению быстродействия и надежности при снижении габаритных размеров и энергопотребления. Удовлетворению этих требований в большой мере способствует совершенствование элементной базы.

Для быстрого и качественного проектирования полупроводниковых приборов необходимо использовать приборно-технологический САПР. Примером САПР, решающего данную проблему, является TCAD [1-5].

Основной акцент в развитии инструментов приборно-технологического проектирования делается на моделировании технологического процесса, гетероструктурных приборов, фотодетекторов, светоизлучающих диодов (LED) и лазеров, а также на анализе трехмерного растекания носителей заряда.

Основная задача данной статьи – иллюстрация возможностей инструментов приборно-технологического моделирования на реальном примере. Использование моделирования позволяет ускорить разработку, оптимизировать технологический процесс без производства тестовых партий устройств, улучшить параметры получаемых приборов и, как результат, снизить стоимость конечного продукта.

Рассмотрим инструменты TCAD и их применение (на примере продукта TCAD компании ISE – Integrated Systems Engineering AG) [3-6]:

GENESISe – это рабочая среда для построения DoE (Design of Experiment), GUI (Graphical User Interface) платформа для последовательного расчета узлов, перевода формата данных.

DEVISE – это графический пользовательский интерфейс и дешифратор сценариев для создания 2D/3D структуры устройства.

DESSIS – 1D/2D/3D инструмент, предназначенный для расчета различных характеристик и для изучения поведения прибора.

Tecplot-ISE, INSPECT – 1D/2D/3D инструменты визуализации, предназначенные для отображения графиков (Inspect) и 1D/2D/3D профилей и сечений структур (Tecplot).

Для иллюстрации возможностей ISE TCAD в данной работе представлен проект выпрямляющего диода. Главная задача заключается в расчете зависимостей тока от напряжения. В ходе работы должен быть составлен маршрут создания и расчета диода с различными концентрациями акцепторов (рис. 1).

В начале работы в GENESISe необходимо последовательно добавить все используемые для моделирования инструменты, указать используемые значения переменных. Инструмент GENESISe отображает внешний вид проекта в графическом интерфейсе, содержит полную информацию о каждом узле, инструменте.

Геометрическая модель диода может быть создана с помощью DEVISE (рис 2), в котором выполняется моделирование «простых» операций на геометрическом уровне. В нем же генерируется расчетная сетка, используемая при выполнении последующего моделирования.

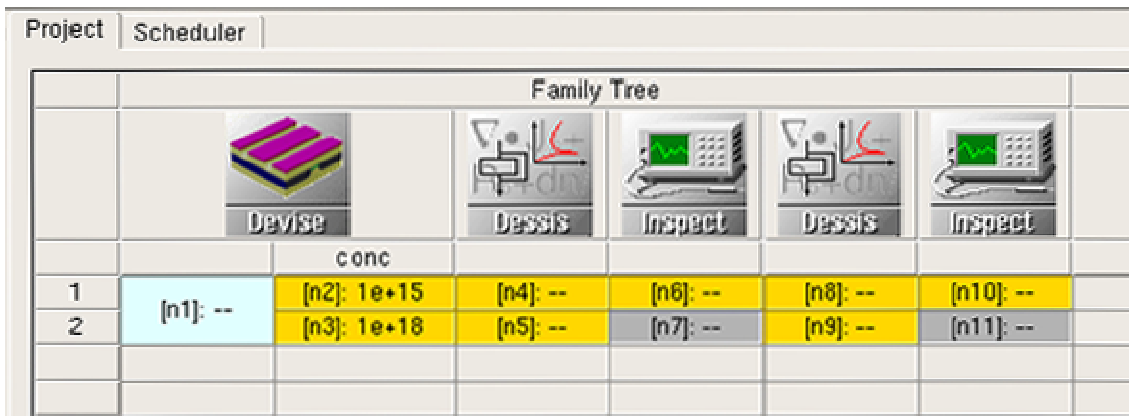


Рисунок 1 – Рабочее окно среды проектирования GENESISe с открытым проектом диода

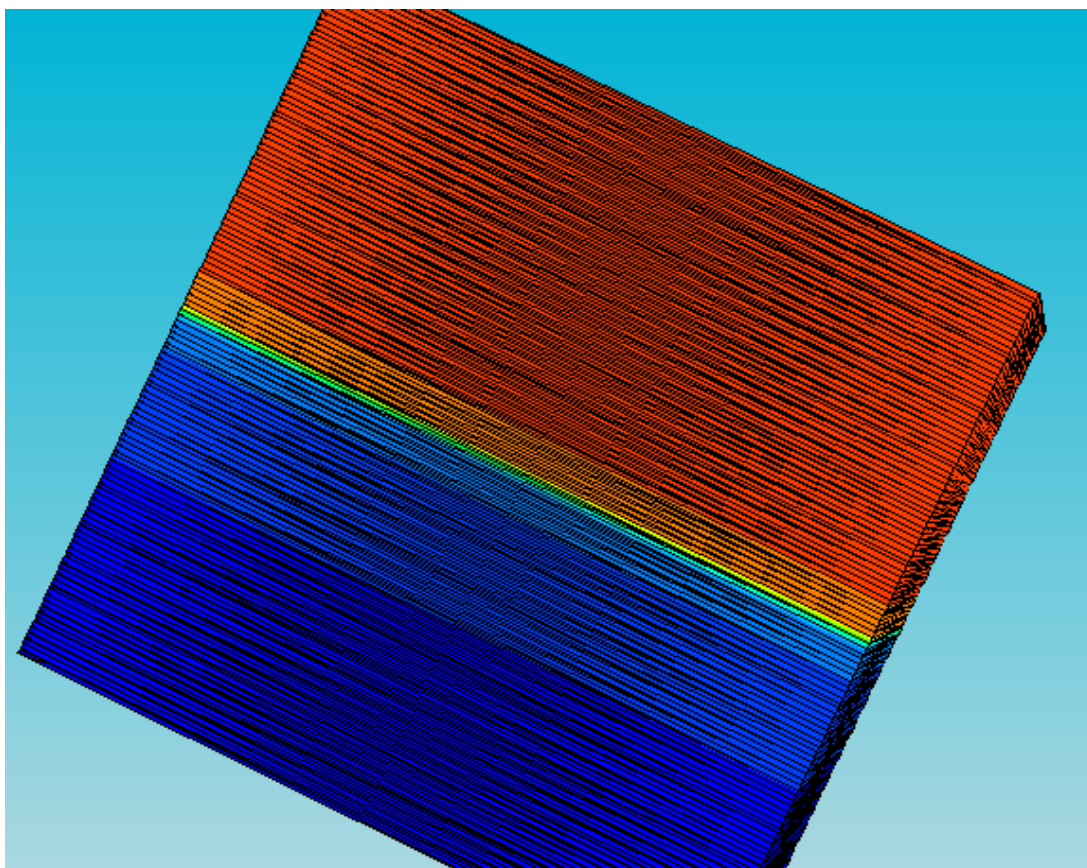


Рисунок 2. – Геометрическая модель диода

Построение расчетной сетки играет важную роль и в обеспечении точного решения задачи, однако необходимо учитывать, что слишком маленький шаг сетки помимо увеличения точности моделирования приведет к значительному увеличению времени расчета.

Для решения электрофизических уравнений в узлах расчетной сетки и получения вольт-амперных характеристик (ВАХ) диода используется DESSIS. При электрофизическом моделировании была решена система из четырех уравнений, включающих уравнение Пуассона, уравнение непрерывности для электронов и дырок, а также уравнение переноса энергии для электронов.

Для расчета ВАХ при прямом смещении напряжение на диоде от 0 В до 1 В, для расчета обратного смещения на диоде – от 0 В до -30 В. Графики ВАХ могут быть построены на основании расчетных данных с помощью инструмента INSPECT (рис. 3, 4).

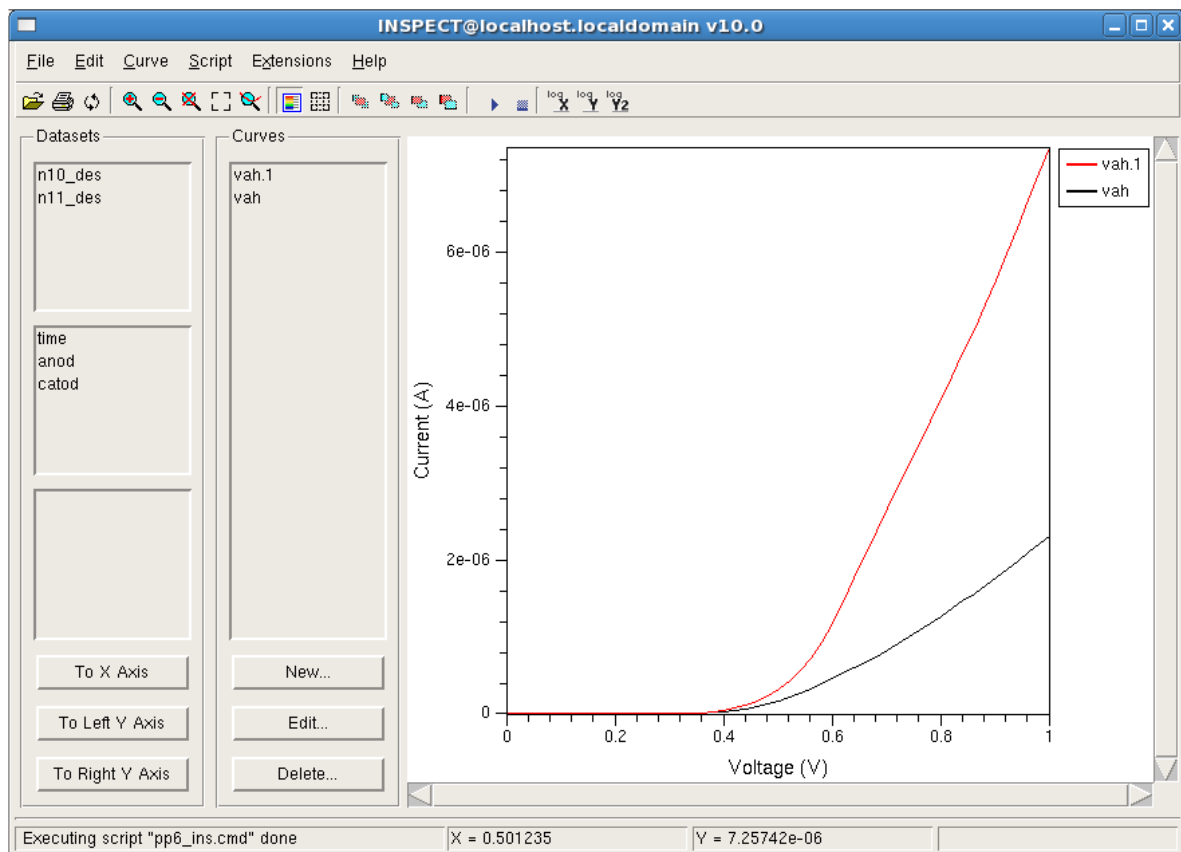


Рисунок 3 – График ВАХ при прямом смещении

Кривые, приведенные на графиках (рис. 3 и 4), получены при разных значениях концентрации носителей заряда в полупроводнике (см. рис. 1). Из графика ВАХ при прямом смещении видно, что напряжение «открывания» диода примерно равно 0,7 В. На графике ВАХ при обратном смещении наблюдается заметное возрастание электрического тока, начиная примерно с 25 В. Этот возрастание, по-видимому, соответствует предпробойному участку характеристики. В целом характер кривых соответствует ожидаемому виду ВАХ при прямом и обратном смещении.

Меняя геометрические и физические параметры прибора, можно уменьшить количество реальных экспериментов по изготовлению и измерению полупроводниковых структур, а, следовательно, снизить стоимость конечного изделия.

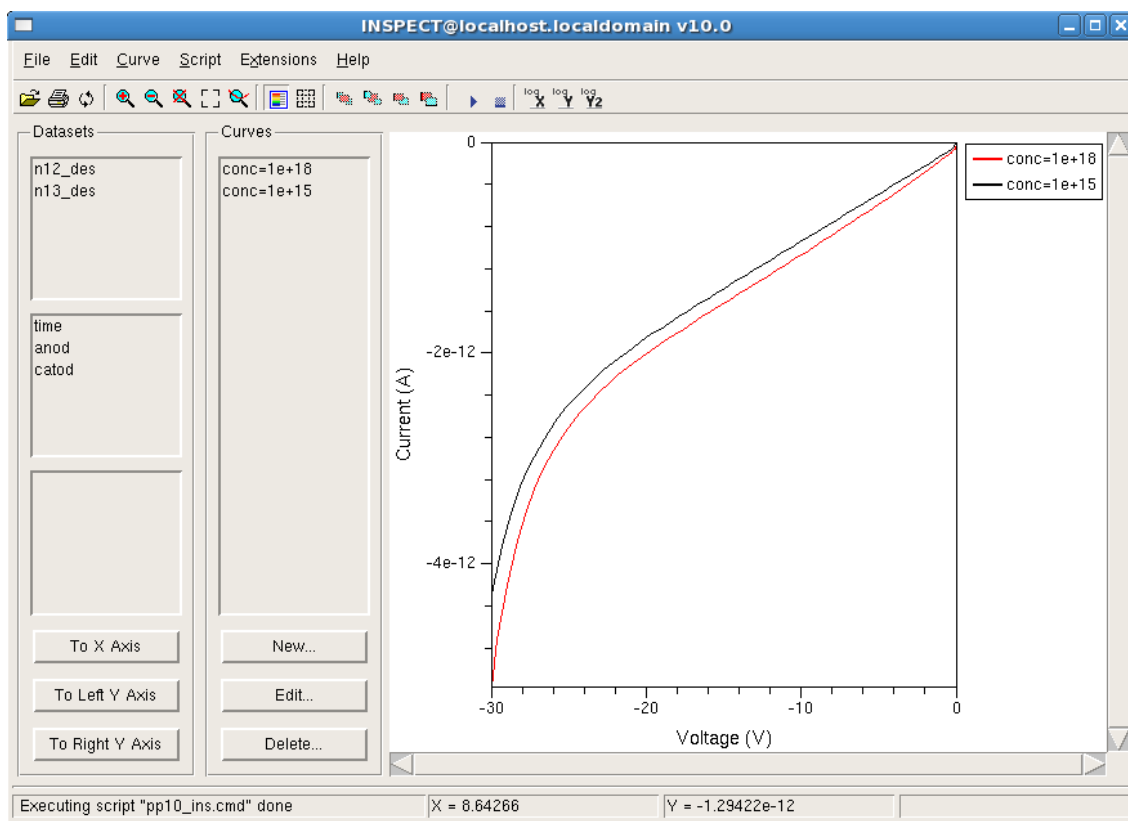


Рисунок 4 – График ВАХ при обратном смещении

Рассмотренная процедура моделирования диода позволяет наглядно изучить физические принципы его работы, и обеспечивает возможность оперативно определить характеристики диода, при изменении параметров структуры и режима работы по постоянному току.

Список литературы

1. Simon L. Yue F. *3D TCAD Simulation for Semiconductor Processes, Devices and Optoelectronics*. New York : Springer, 2012. – 292 p.
2. Hellings G., De Meyer K. *High Mobility and Quantum Well Transistors: Design and TCAD Simulation* // Springer Series in Advanced Microelectronics 42, Springer Netherlands, 2013. – 140 p.
3. Ассессоров, В. В. Моделирование полевых полупроводниковых приборов в САПР ISE TCAD: Учебное пособие / В. В. Ассессоров, Г. В. Быкадорова, А. Ю. Ткачев. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2007. – 27 с.
4. Перепеловский, В. В. Приборно-технологическое моделирование электронных устройств в среде Synopsys Sentaurus TCAD : Лабораторный практикум / В. В. Перепеловский, Н. И. Михайлов, В. В. Марочкин. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. – 51 с.
5. TCAD news. Overview of Sentaurus I-2013.12. // Synopsys, Inc. – 20 p. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.synopsys.com (по запросу, дата обращения: 21.02.2014)