

**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ****СОЗДАНИЕ НОВЫХ ПРОГРАММ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПЛАТФОРМ  
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ****Абдувохидов Муроджон Комилович**

*PhD докторант, Андижанский государственный университет,  
Узбекистан, г. Андижан  
E-mail: [info@murodjon.uz](mailto:info@murodjon.uz)*

**Мирзаалимов Авазбек Алишерович**

*PhD докторант, Андижанский государственный университет,  
Узбекистан, г. Андижан  
E-mail: [avazbek.mirzaalimov@mail.ru](mailto:avazbek.mirzaalimov@mail.ru)*

**Зийитдинов Жахонгир Норбоевич**

*PhD докторант, Андижанский государственный университет,  
Узбекистан, г. Андижан  
E-mail: [jahongir-ziyoitdinov@mail.ru](mailto:jahongir-ziyoitdinov@mail.ru)*

**Мирзаалимов Наврузбек Алишер угли**

*PhD докторант, Андижанский государственный университет,  
Узбекистан, г. Андижан  
E-mail: [mirzaalimov90@mail.ru](mailto:mirzaalimov90@mail.ru)*

**Гуломов Жасурбек Журахон угли**

*студент, Андижанский государственный университет,  
Узбекистан, г. Андижан  
E-mail: [jasurbekgulomov@yahoo.com](mailto:jasurbekgulomov@yahoo.com)*

**Мадаминова Иродахон Мадаминжон кизи**

*студент, Андижанский государственный университет,  
Узбекистан, г. Андижан  
E-mail: [jasurbek-iroda2612@yahoo.com](mailto:jasurbek-iroda2612@yahoo.com)*

**CREATING NEW NUMERICAL SIMULATION PROGRAMS AND PLATFORMS FORM  
MODELING SOLAR CELLS****Murodjon Abduvoxidov**

*PhD student, Andijan state university,  
Uzbekistan, Andijan*

**Avazbek Mirzaalimov**

*PhD student, Andijan state university,  
Uzbekistan, Andijan*

**Jahongir Ziyotdinov**

*PhD student, Andijan state university  
Uzbekistan, Andijan*

**Navruzbek Mirzaalimov**

*PhD student, Andijan state university  
Uzbekistan, Andijan*

**Jasurbek Gulomov***Student, Andijan state university  
Uzbekistan, Andijan***Irodakhon Madaminova***Student, Andijan state university  
Uzbekistan, Andijan*

#### АННОТАЦИЯ

Нам необходимо использовать компьютерные технологии для повышения эффективности исследований солнечных элементов и анализа их внутренних свойств, а также кинетических характеристик носителей заряда. В настоящее время много исследований выявляет новые законы и эффекты. Необходимо разработать новую платформу и программное обеспечение, которое будет учитывать их. Эта статья содержит информацию о новой программе для моделирования солнечных элементов. Он также предоставляет информацию о принципах его работы, его преимуществах и возможностях по сравнению с остальными программами, используемыми на сегодняшний день.

#### ABSTRACT

We need to use computer technology to increase the efficiency of research on solar cells and to analyze their internal properties as well as the kinetic characteristics of charge carriers. Nowadays, a lot of research is revealing new laws and effects. It is necessary to develop a new platform and software that will take into account them. This article provides information on a new program for modeling solar cells. It also provides information on the principles of its operation and its advantages and capabilities over the rest of the programs used to date.

**Ключевые слова:** Sentaurus TCAD, солнечный элемент, модель, кремний, платформа.

**Keywords:** Sentaurus TCAD, solar cell, model, silicon, platform.

С развитием крупномасштабной интеграции в конце 1970-х годов стало очевидно, что оптимизация процессов производства полупроводников только на экспериментальной основе сомнительна. Численное моделирование процесса изготовления и электрических характеристик полупроводниковых приборов предлагает быстрый и недорогой способ проверки конструкции и процессов устройства. Инструменты для численного моделирования могут быть разделены на три категории: моделирование процессов, моделирование устройств и моделирование цепей. Моделирование процесса основано на измерениях, таких как профили легирования, предоставленные SIMS (вторичная ионная масс-спектрометрия), топография, предоставленная ТЕМ (просвечивающая электронная микроскопия), рецепт процесса и маски литографии. Моделируются такие процессы, как диффузия, окисление, травление, литография и ионная имплантация. При моделировании устройства используются полученная геометрия устройства и профиль легирования для воспроизведения и прогнозирования электрических данных, таких как кривые ток-напряжение (IV), кривые емкость-напряжение (CV) или частоты передачи. Выходные данные имитаторов устройств могут служить для калибровки компактных моделей программ моделирования цепей. Интегрированные пакеты моделирования могут использоваться для автоматического выполнения этих шагов. Аббревиатура TCAD (технология автоматизированного проектирования) была установлена для обозначения подходов к моделированию процессов и устройств [1].

Существует несколько программ TCAD для моделирования полупроводниковых моделей. Например, Silvaco, Sentaurus, Genius, NEMO3D и т. Д. Но лучшим из них является продукт Synopsys компании Sentaurus TCAD. Потому что инструменты моделирования процессов и устройств Sentaurus TCAD поддерживают широкий спектр приложений, таких как КМОП, питание, память, датчики изображения, солнечные элементы и аналоговые / RF устройства. Кроме того, Sentaurus TCAD предоставляет инструменты для моделирования и извлечения межсоединений, предоставляя важную паразитную информацию для оптимизации производительности чипа. Кроме того, он может моделировать 1d, 2d и 3d модели.

Sentaurus Structure Editor - это редактор структур для 2D и 3D структур устройств. Он имеет три различных режима работы: редактирование 2D-структуры, редактирование 3D-структуры и эмуляция 3D-процесса. Из графического пользовательского интерфейса (GUI) модели устройств 2D и 3D создаются геометрически с использованием 2D или 3D примитивов, таких как прямоугольники, многоугольники, кубоиды, цилиндры и сферы. Скругленные края создаются путем скругления, трехмерного смешивания краев и снятия фасок. Сложные формы создаются путем пересечения примитивных элементов [2].

Sentaurus Device - это имитатор числового полупроводникового устройства, способный моделировать электрические, тепловые и оптические характеристики различных полупроводниковых приборов. Для моделей солнечных батарей входной файл сетки должен содержать геометрию структура, профиль легирования и профиль оптической генерации. Испол-

зую эти данные, терминальные токи и напряжения решаются численно на основе уравнений физического

устройства, которые описывают механизмы распределения и проводимости носителей.

Cell ID	L	W	n0	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11	n12	n13	n14	n15	light
1			300																on
2			300																on
3			300																on
4			300																on
5			300																on
6			300																on
7			300																on
8			300																on
9			300																on
10			300																on
11			300																on
12			300																on
13			300																on
14			300																on
15			300																on
16	1	14	15	1e15	1e17														

Рисунок 1. Таблица значений параметров простых кремниевых солнечных элементов, расположенная в Sentaurus Workbench

Sentaurus Workbench - это графический интерфейс, который объединяет инструменты моделирования TCAD Sentaurus в одной среде. Он используется в полупроводниковой промышленности для проектирования, организации и запуска моделирования. Sentaurus Workbench позволяет вам определять параметры и переменные для проведения всестороннего параметрического анализа. Полученные данные

можно использовать со статистическими и электронными инструментами. Ниже мы создаем простую модель солнечных элементов, в которой вы можете увидеть таблицы значений (Рисунок 1). Вы можете изменять значения параметров по-разному с помощью Sentaurus Workbench. Мы повторили эксперименты десять раз в разных значениях.

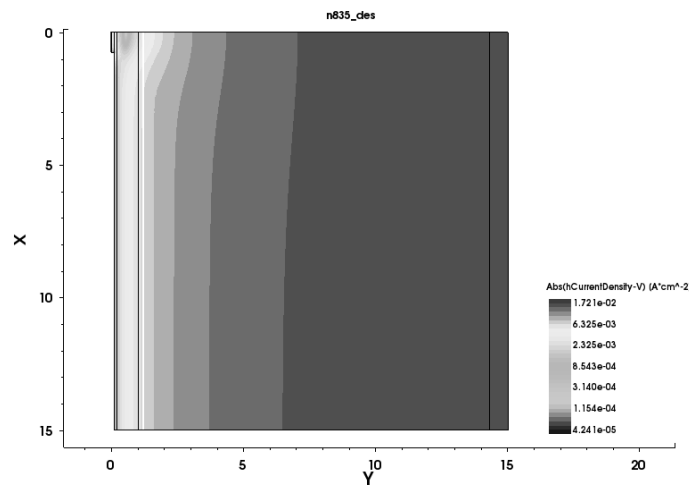
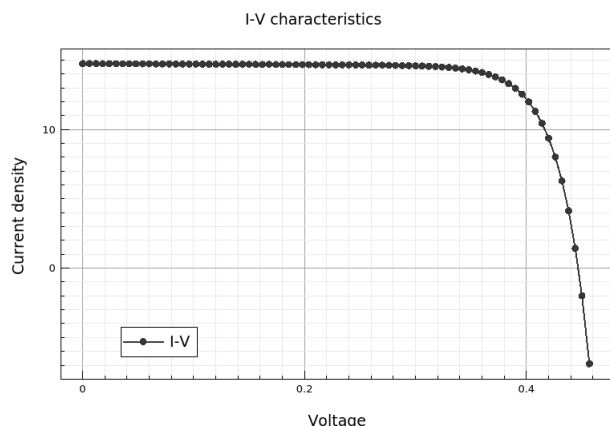


Рисунок 2. Распределение плотности тока дырок по кремниевому солнечному элементу



**График 1. Вольт-амперные характеристики кремниевого солнечного элемента, созданного *Sentaurus TCAD***

Мы также можем создать график, который любит характеристики I-V. Выше вы можете увидеть на графике 1. Соответственно, когда мы используем программы моделирования, мы будем держать много денег и времени. Потому что настоящие эксперименты занимают много времени. Кроме того, они очень дороги в области физики полупроводников.

Технологическая платформа представляет собой интерактивным инструментом, служащим для образовательной цели в университетах, выполнения научных исследований и решения прикладных задач производственного характера.

Технологическая платформа основана на общеизвестной теории расчета электрофизических и оптических параметров полупроводниковых материалов, а также большинство оптических, физических, оптоэлектронных, фотоэлектрических, энергетических параметров и вольт-амперных характеристик, созданных на их основе полупроводниковых приборов.

Для современного программного обеспечения технологической платформы разработана программная симуляционная система типа «Suntulip-1» и «Suntulip-2», состоящая из комбинации нескольких программных языков.

Разработанная программная система имеет упрощенный вид интерфейса, что не требует от пользователя специальных углубленных знаний по программированию. Для выполнения симуляционного расчета обеспечена эффективное согласование между теоретическими выражениями, выбранными граничными условиями и созданной базой данных физических параметров полупроводниковых, металлических, оптических, диэлектрических и ряда других материалов. Например,

созданная база данных включает в себе экспериментально определенные значения коэффициента преломления света 132 видов материалов.

«Suntulip-2» позволяет изучать влияние различных физических и геометрических параметров наночастиц различных металлов на характеристики кремниевых солнечных элементов с *p-n*-переходом.

Активная часть новой технологической платформы состоит из следующих основных страниц: - «Главная страница», служащая для введения выбранных пользователем значений параметров исследуемых объектов; - «Результаты», проявляющиеся в виде многопрофильных таблиц с возможностью преобразования в двух и трехмерных графических и диаграммных изображений; - «База экспериментальных данных по полупроводниковому материаловедению и приборостроению»; - «База данных по значениям коэффициента преломления»; - «Выбор техники и дизайна».

«Главная страница» позволяет внедрить основных параметров выбранного полупроводника, структуры, условий внешних воздействий:

- концентрация доноров и акцепторов;
- толщина слоев структур;
- вид толщина диэлектрических слоев;
- температура;
- источник освещения;
- вид и доза радиационного излучения.

Короче говоря, цель всех программ, разработанных для моделирования солнечных элементов, одна и та же, то есть повысить эффективность солнечных элементов и уменьшить количество экспериментов. Преимущество недавно разработанных программ состоит в том, что они включают новые законы и обеспечивают согласованность новых экспериментальных результатов и новых теорий. Это также гарантирует, что новая программа, которую мы предлагаем, превосходит остальные программы из-за вышеизложенного.

#### Список литературы:

1. A. Luque, and S. Hegedus, Handbook of photovoltaic science and engineering, p. 148: John Wiley & Sons.
2. J. C. C. Fan, "Theoretical temperature dependence of solar cell parameters," Solar Cells, vol. 17, no. 2-3, pp. 309-315, 1986.
3. S. Sze, Physics of semiconductor devices, 3rd ed., p. 109: John Wiley & Sons, Inc., 2006.