

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

БЛОК 2. ПРОГРАММЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ FEM.



ЗАЧЕМ?

- За время, затрачиваемое на организацию реального техпроцесса для создания одного экспериментального варианта работающей приборной структуры с заданным набором характеристик, с помощью методов математического моделирования представляется возможность детально проанализировать множество вариантов технологического процесса и топологических моделей, и выбрать *оптимальный для реализации вариант*.
- Любые изменения реального техпроцесса трудоёмки и дорогостоящи. Для уменьшения затрат времени и денег параллельно с исследованиями характеристик полученных микроэлектронных структур проводится анализ их моделей, что позволяет оперативно выбрать *правильное направление разработки*.
- В связи с микроминиатюризацией полупроводниковых элементов затраты на переход к новой технологии должны максимально быстро окупаться высоким выходом годных изделий – как следствие этого, следует заранее *прогнозировать параметры полупроводниковых элементов* с малыми геометрическими размерами, что невозможно сделать без предварительных модельных расчётов.



МАКРО-, МИКРО- И НАНОМОДЕЛИРОВАНИЕ

$$I_D = \frac{W}{L} \mu_n \cdot C_{ox} \left\{ (V_G - V_T) V_D - \frac{V_D^2}{2} \right\}$$

$$I_D = \frac{m \cdot W}{L} \mu_n \cdot C_{ox} (V_G - V_T)^2$$

- С уменьшением линейного размера интегральных элементов усложняется интерпретация физических процессов, происходящих в структурах. Методы и подходы, разработанные для теоретического анализа макроструктур, начинают давать неверные результаты на наноуровне. Первые варианты аналитических моделей полупроводниковых приборов базировались на диффузионно-дрейфовом приближении. Позднее были разработаны теория и алгоритмы, обеспечивающие анализ процессов в субмикронных структурах на основе гидродинамического описания.
- Пример 1: представление об "однородно легированной" области микроэлектронного компонента.
- Пример 2: короткоканальные эффекты в транзисторе. Эти эффекты обусловлены в общем случае трехмерным характером распределения электрических полей в активной области и сравнительно высокими абсолютными значениями напряженности этих полей.

TCAD И EDA

- **TCAD** (Technology Computer Aided Design) – направление систем автоматизированного проектирования для разработки моделей производства полупроводниковых изделий в микроэлектронике и для исследования физических характеристик моделируемых элементарных функциональных элементов интегральных схем.
- **EDA** (Electronic Design Automation) – направление систем автоматизированного проектирования для проектирования электронных устройств, печатных плат или микросхем, обычно состоящих из большого количества элементарных функциональных элементов (диодов, биполярных и полевых транзисторов, резисторов и т. п.).

Важными с практической точки зрения функциями систем TCAD являются :

- Обеспечение калибровки технологического процесса для реального производства;
- экстракция компактных моделей приборных структур;
- смешанное моделирование на основе совместного использования трехмерных физических моделей полупроводниковых приборов и компактных моделей;
- оценка радиационной стойкости.

Примеры фаворитов EDA:

- Cadence (Cadence Design Systems, Inc)
- Mentor Graphics
- Advanced Design System (ADS)
- OrCAD (Spice)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА TCAD

TCAD позволяют:

- сконструировать и оптимизировать любые функциональные элементы, включая приборы, работа которых основана на новых физических явлениях или материалах
- понять принципы работы приборов посредством изучения распределения потенциала, электрического поля, тока, плотности тока, температуры, скорости генерации и рекомбинации носителей заряда и т.д.
- исследовать стационарные и переходные процессы при любых интересующих условиях работы приборов
- изучить условия повреждения приборов и механизмы их отказа
- сгенерировать данные для компактных моделей приборов, которые используются при схемотехническом анализе и моделировании
- объединить один или несколько смоделированных приборов в электрическую цепь с пассивными и активными элементами и компактными моделями.

Программные пакеты TCAD позволяют проводить моделирование 1D-, 2D- и 3D-структур произвольной формы путём численного решения фундаментальных уравнений математической физики – уравнения Пуассона, уравнения непрерывности, уравнений энергетического баланса и теплопроводности. Они позволяют моделировать произвольно легированные структуры, созданные на основе большого количества материалов, включая те материалы, физические свойства которых задаются пользователем. Используется большое количество физических моделей, включая различные модели подвижности и рекомбинации носителей, квантовомеханические модели, модели пробоя и т.д.

ИСТОРИЯ ПРОГРАММ МОДЕЛИРОВАНИЯ

- **SUPREM** (Stanford University Process Engineering Modeling Program) и **SUPRA** для одномерного и двумерного моделирования. Входными данными для этих программ являются описания характеристик технологических процессов, включающие последовательность времен, температур, окружающих газовых смесей и других параметров, характеризующих диффузию, окисление, ионное легирование, осаждение и травление. Выходные данные – распределение примеси в кремнии и в некоторых расположенных на нем слоях (SiO_2 , поликремний).
- **MINIMOS** – для решения аналогичных задач (S. Selberherr, A. Schültz, H. W. Pötzl. MINIMOS – a Two-Dimensional MOS Transistor Analyzer. IEEE Trans. Electron Devices, Vol. ED-27, p.1540-1550, 1980)
- **SPICE** – Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) – мощная свободно распространяемая программа общего назначения для схемотехнического моделирования аналоговых электронных схем (не обязательно интегральных). В некоторых случаях может быть использована для моделирования эквивалентных схем полупроводниковых структур.

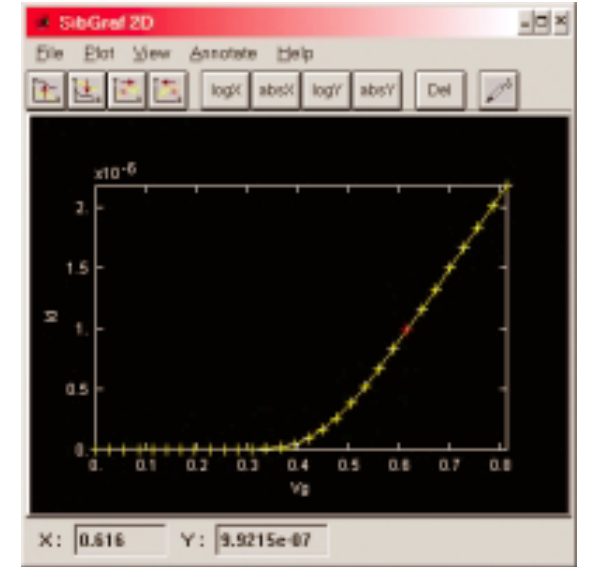
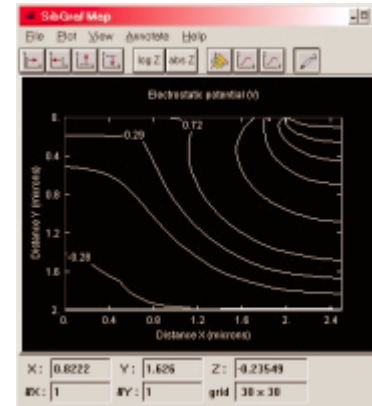
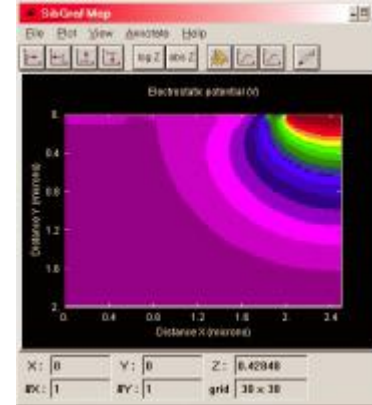
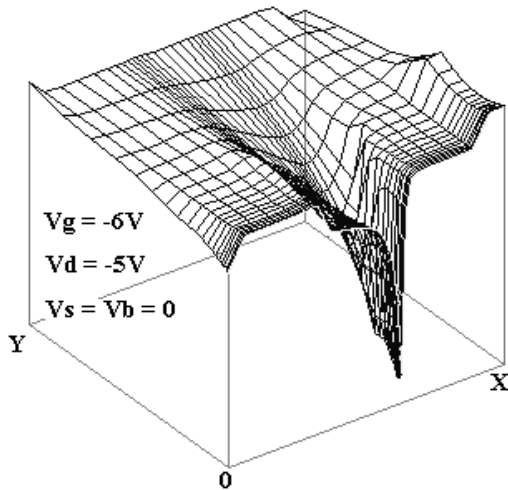
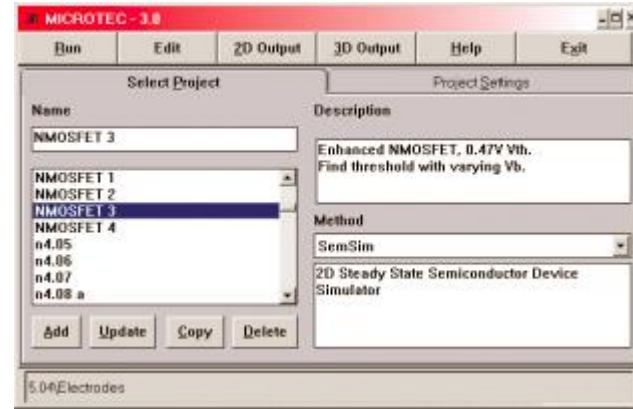
MICROTEC

<http://www.siborg.ca> – можно получить демонстрационную версию программы

- Пакет Microtec (продукт компании Siborg Systems Inc.) обеспечивает двумерное моделирование основных технологических процессов кремниевой электроники (имплантация, диффузия, окисление), а также статическое моделирование физических процессов в спроектированных устройствах. Пакет состоит из нескольких программ моделирования, информация на выходе одних программ формирует входные данные для других. Совокупность данных о моделируемой структуре организуется в виде *проекта*.
- На начальном этапе моделирования используется программа **SiDif** (two-dimensional simulator for diffusion and oxidation). Результаты моделирования можно посмотреть во встроенной программе просмотра 2D или 3D графиков, либо импортировать данные в более удобную программу графической визуализации.
- Рассчитанные фрагменты структуры с помощью программы **MergIC** (programm for MERGing fragments of IC elements) объединяются в двумерную модель планарного прибора.
- Для моделирования электрофизических процессов, происходящих в МДП-структуре в двумерном представлении, в Microtec используется универсальная программа моделирования **SemSim** (two-dimensional steady-state SEMiconductor device SIMulator).

MICROTEC

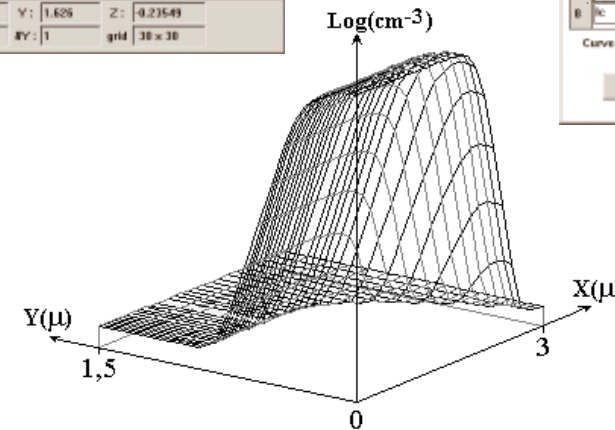
MicroTec по сравнению с наиболее известными коммерческими системами TCAD имеет меньший набор функциональных возможностей, однако является достаточно удобным инструментом моделирования для разработки полупроводниковых процессов и устройств микрометрового диапазона и привлекателен для образовательных целей из-за его простоты в использовании и устойчивости к ошибкам.



A screenshot of a data table window titled 'File P000039 2D'. The table shows the following data:

Column Name	Minimum	Maximum	X	Y	Z
4 Vb	-1.000e+08	0.0			
5 Vc	-1.000e+08	-1.000e+00			
6 Ic	1.182e-13	1.714e-04			
7 Ib	-1.714e-04	3.586e-14			
8 Ie	-2.155e-13	-1.366e-13			

Below the table, there are buttons for 'Add', 'Close', and 'Help'. The 'Curve Name' is set to 'Current Gain'.

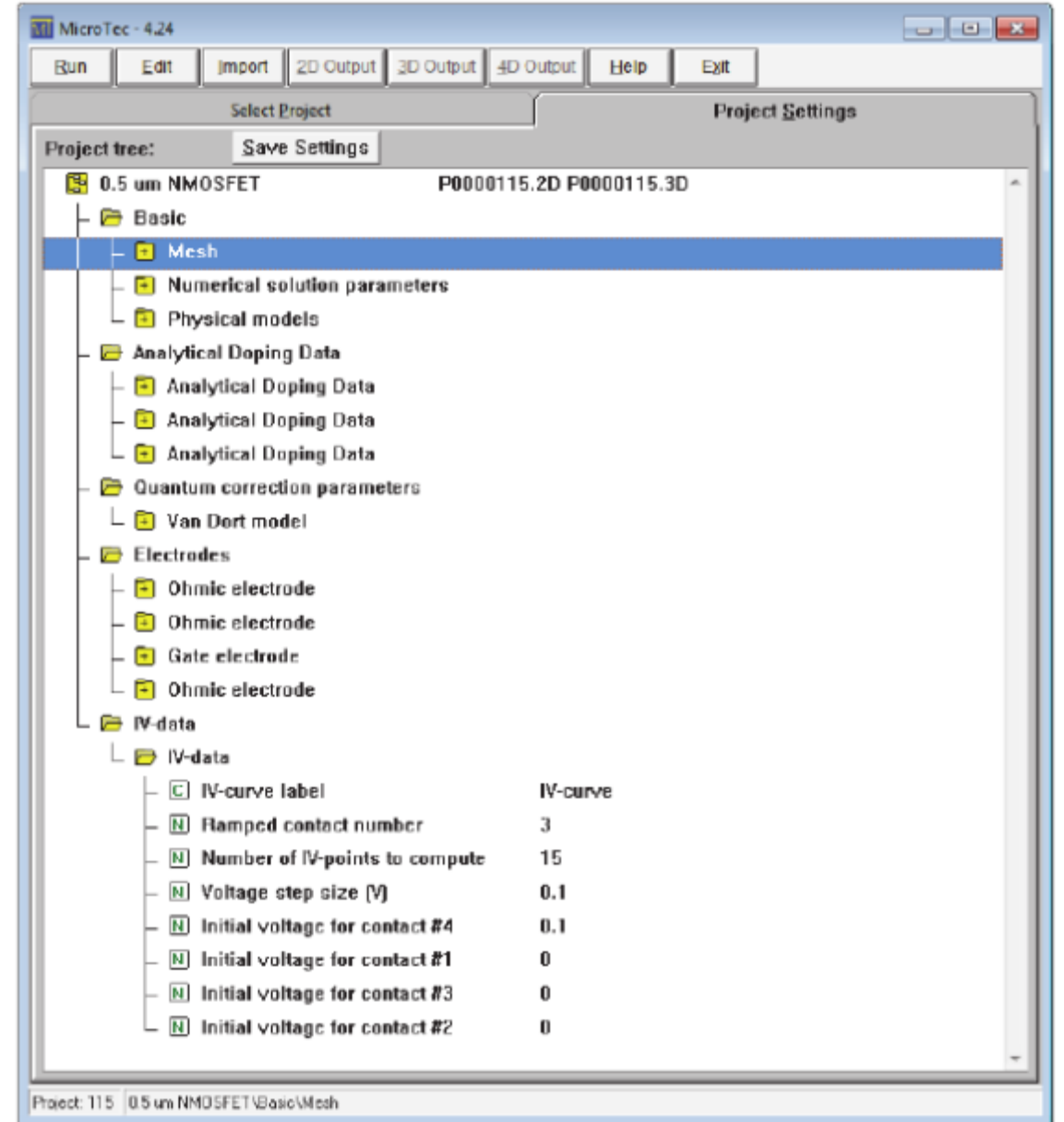


MICROTEC

Интерфейс MicroTec представлен рядом рабочих окон, включая главное окно, обеспечивающее организацию работу с проектом устройства или технологического процесса в целом, и с отдельными его инструментами.

В дереве проекта производится настройка параметров проекта: характеристик сетки для численного моделирования (Mesh), параметров численного решения (Numerical solution parameters), свойств физической модели (Physical models), легирования полупроводника (Analytical Doping Data), свойств электродов (Electrodes) и других характеристик.

Модуль отображения графиков SibGraf позволяет строить двухмерные распределения электростатического потенциала, тока и плотности тока, квазипотенциалов Ферми, компонент электрического поля и т. д., а также обеспечивает построение трехмерных изображений и их сечений.



MICROTEC

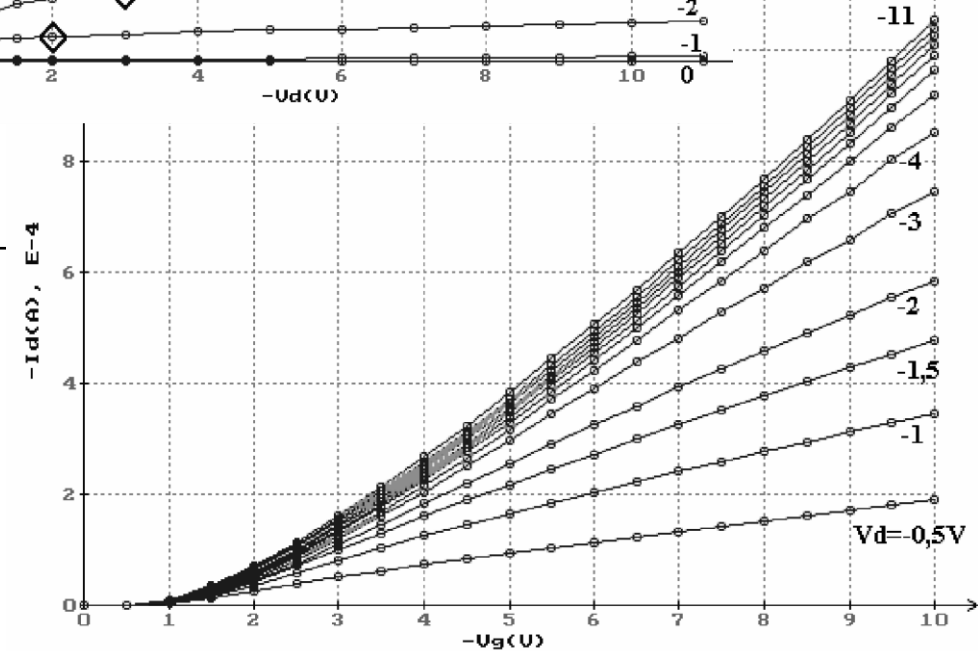
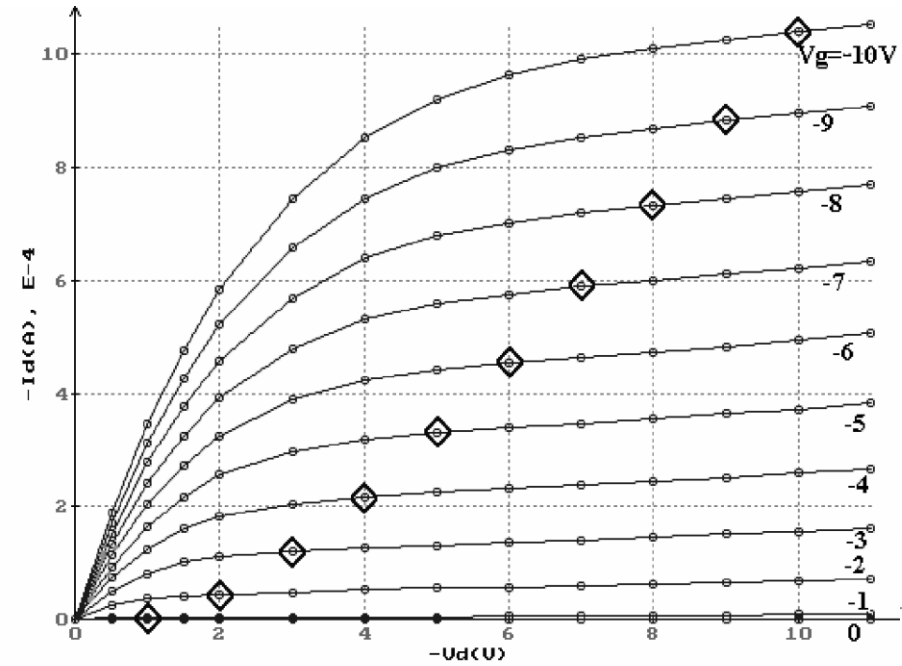
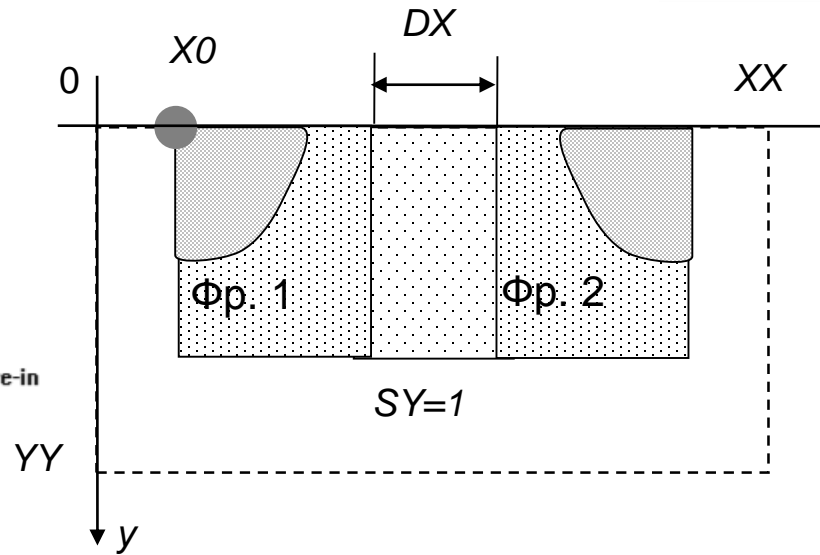
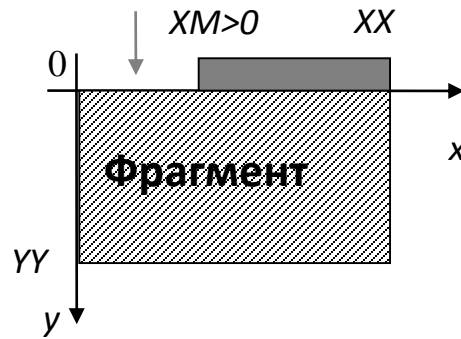
- Domain and Mesh
- Substrate
- Annealing
 - Comment
 - Temperature (degrees C)
 - Annealing time (s)
 - Time step
- Boron implant
 - Comment
 - Boron implant mask (um)
 - Boron implant dose (cm-2)
 - Boron implant energy (KeV)
- Oxidation
 - Comment
 - Temperature (degrees C)
 - Annealing time (s)
 - Time step (s)
 - Ambient type
 - Pressure (atm)
 - Oxidation Mask (um)
 - Initial oxide pad (um)
- Annealing
- Arsenic implant
- Annealing
 - Comment
 - Temperature (degrees C)
 - Annealing time (s)
 - Time step

LOCOS annealing
 1125
 30000
 100

Threshold adjust imp
 0
 2e+11
 150

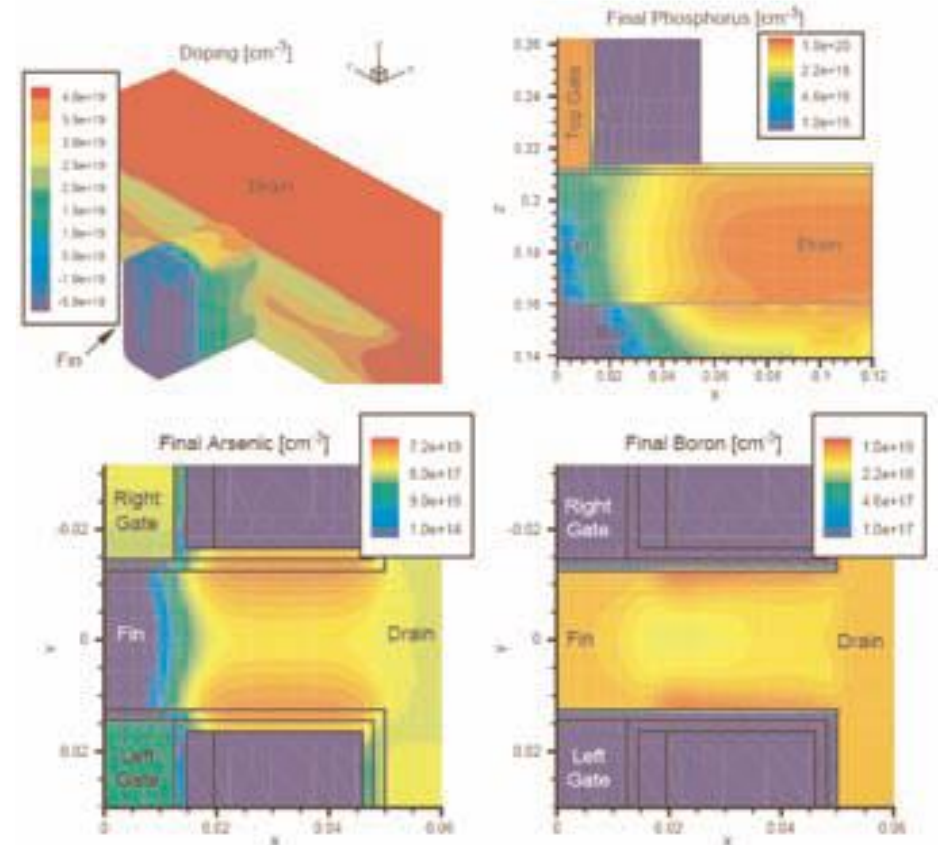
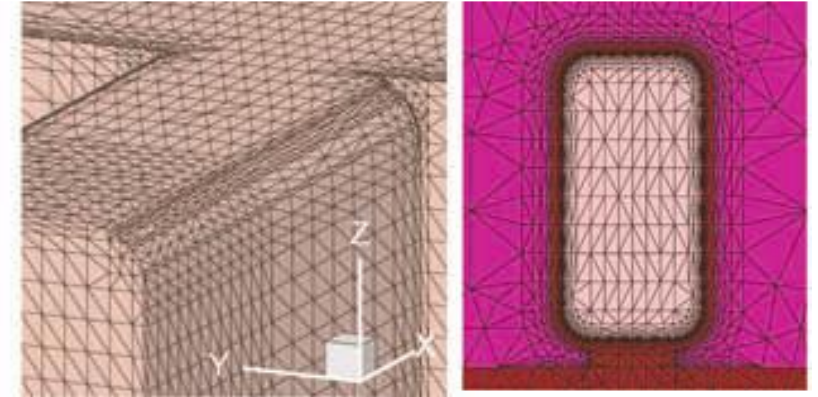
Gate oxide growth
 950
 1700
 50
 1
 0.99
 1000
 0.003

Drain drive-in
 1000
 3600
 100



SENTAURUS SYNOPSIS TCAD

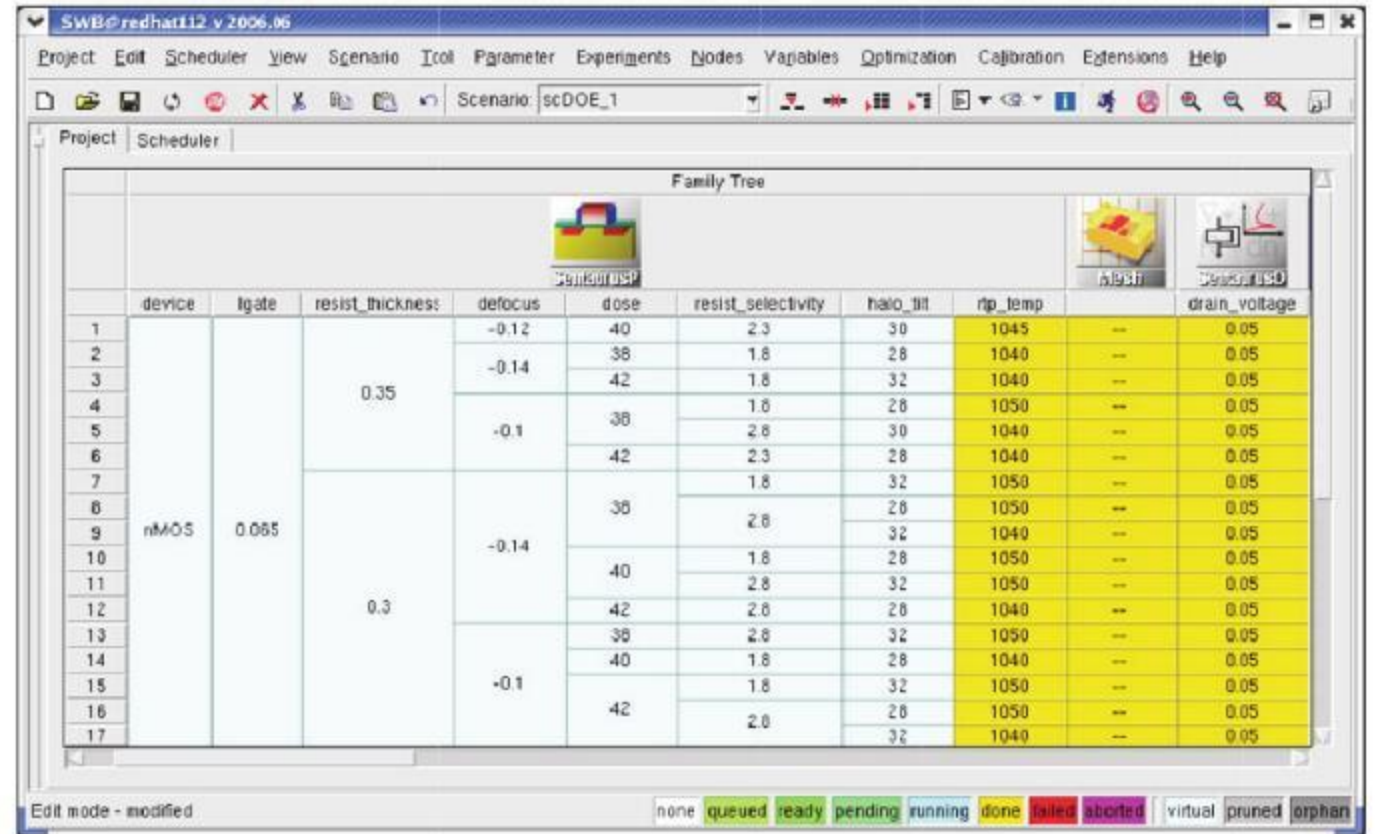
- Пакет программ сквозного физико-технологического моделирования Sentaurus компании Synopsys позволяет моделировать все основные процессы твердотельной микроэлектроники, объединять их в технологические маршруты, получать в результате произвольные приборные структуры и анализировать их электрические характеристики и схемотехнические параметры. Фактически данный пакет реализует на практике концепцию виртуального производства.
- Пакет программ имеет несколько модификаций, рассчитанных для работы на платформах: UNIX, Linux и Windows. Базовая операционная система Sentaurus – Red Hat Enterprise Linux.



SENTAURUS SYNOPSIS

Состав пакета:

- интерактивная среда для управления и отображения проектов: Sentaurus Workbench
- программные модули для технологического моделирования: Sentaurus Process, Taurus TSUPREM-4, Sentaurus Lithography и Sentaurus Topography
- средства для создания геометрических моделей структур: Sentaurus Structure Editor
- инструменты моделирования устройств: Sentaurus Device, Taurus Medici
- средства для анализа электрических и механических характеристик, а также надежности внутренних межсоединений – Raphael, Sentaurus Interconnect
- инструменты, предназначенные для установления связи между моделями процессов и отдельных компонентов схемы – Seismos CX и Seismos LX

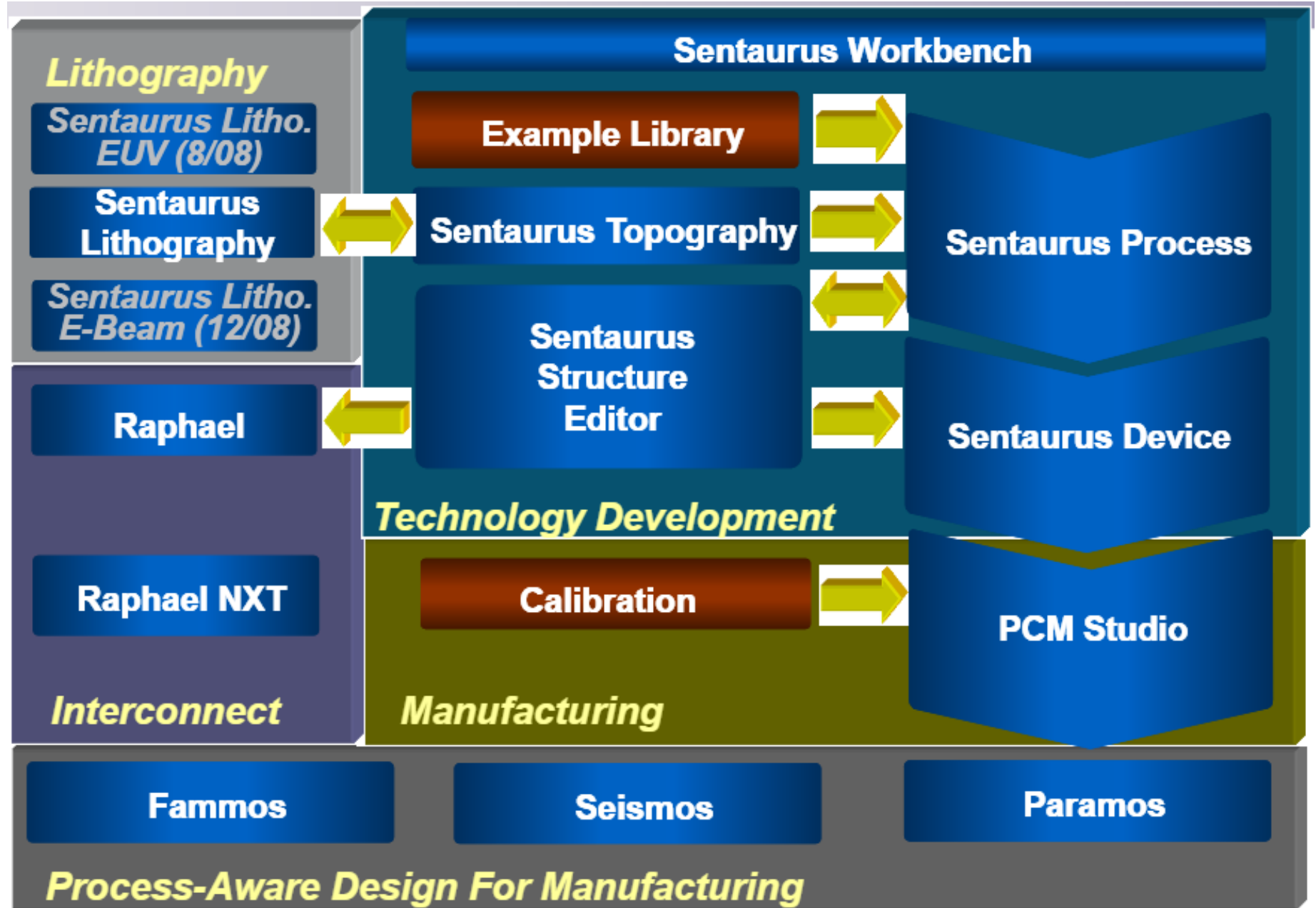


The screenshot shows the Sentaurus Workbench interface with a 'Family Tree' table. The table lists parameters for a device, with columns for device, lgate, resist_thickness, defocus, dose, resist_selectivity, halo_fit, rtp_temp, and drain_voltage. The data is organized into rows, with some cells containing values and others containing dashes.

	device	lgate	resist_thickness	defocus	dose	resist_selectivity	halo_fit	rtp_temp	drain_voltage	
1	nMOS	0.065	0.35	-0.12	40	2.3	30	1045	--	0.05
2				-0.14	38	1.8	28	1040	--	0.05
3				-0.14	42	1.8	32	1040	--	0.05
4				-0.1	38	1.8	28	1050	--	0.05
5				-0.1	42	2.8	30	1040	--	0.05
6				-0.1	42	2.3	28	1040	--	0.05
7			-0.1	38	1.8	32	1050	--	0.05	
8			-0.14	38	2.8	28	1050	--	0.05	
9			-0.14	42	3.2	32	1040	--	0.05	
10			-0.14	40	1.8	28	1050	--	0.05	
11			-0.14	42	2.8	32	1050	--	0.05	
12			-0.1	38	2.8	28	1040	--	0.05	
13			-0.1	40	1.8	28	1050	--	0.05	
14			-0.1	40	1.8	28	1040	--	0.05	
15			-0.1	42	1.8	32	1050	--	0.05	
16			-0.1	42	2.0	28	1050	--	0.05	
17			-0.1	42	3.2	32	1040	--	0.05	

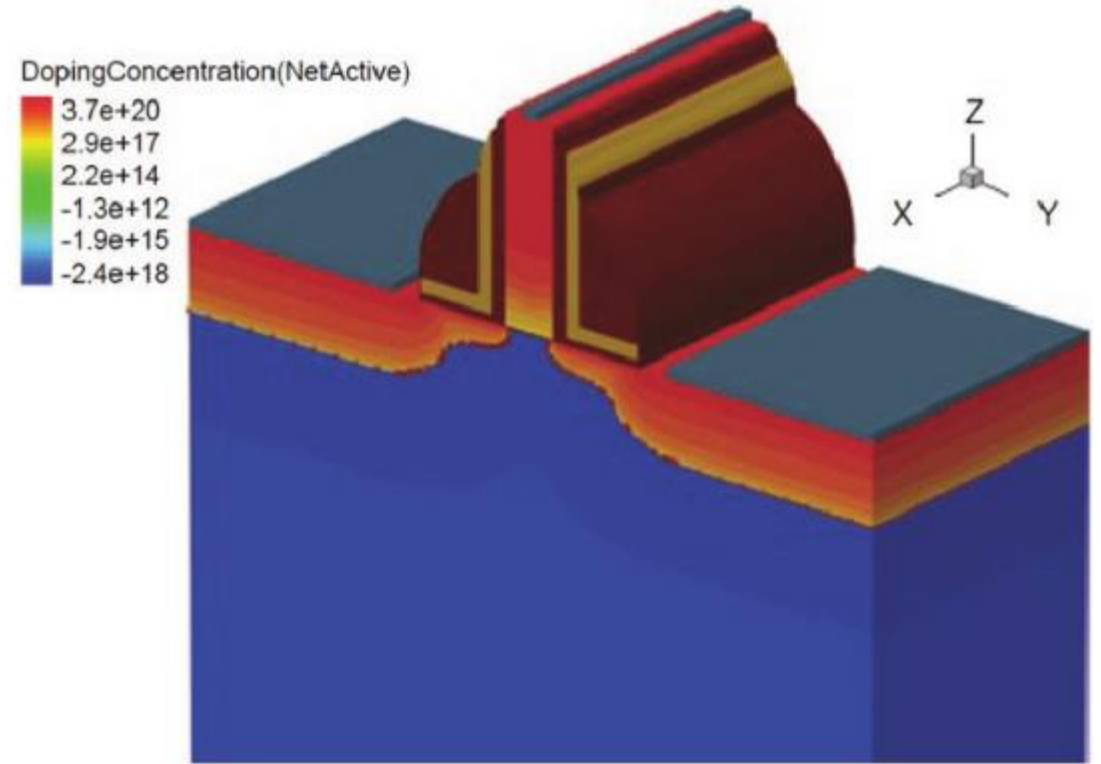
swb может выполнять автоматическое разделение проектной задачи на отдельные потоки и распределять их в компьютерной сети для реализации параллельных вычислений. Входными данными для расчётов служит файл со скриптом технологического процесса. Результатом может являться набор двух- и трёхмерных графиков и схем получившегося функционального микроэлектронного устройства.

SENTAURUS
SYNOPSYS



SENTAURUS SYNOPSYS

Программа **Sentaurus Process** включает моделирование всех этапов стандартного технологического процесса, в том числе моделирование *диффузии*, *имплантации*, моделирование имплантации методом Монте-Карло, моделирование *окисления*, *травления*, *осаждения* и *силицидирования*. Возможности трехмерного технологического моделирования включают построение трехмерной сетки, трехмерную имплантацию, диффузию, первую версию трехмерного окисления и интерфейс к редактору трехмерной геометрии. Входная информация для S. Process представляет собой последовательность команд, вводимых через стандартный вход, т.е. через командную строку с приглашением или в виде командного файла. Процесс моделируется запуском последовательности команд, соответствующей отдельному технологическому этапу.



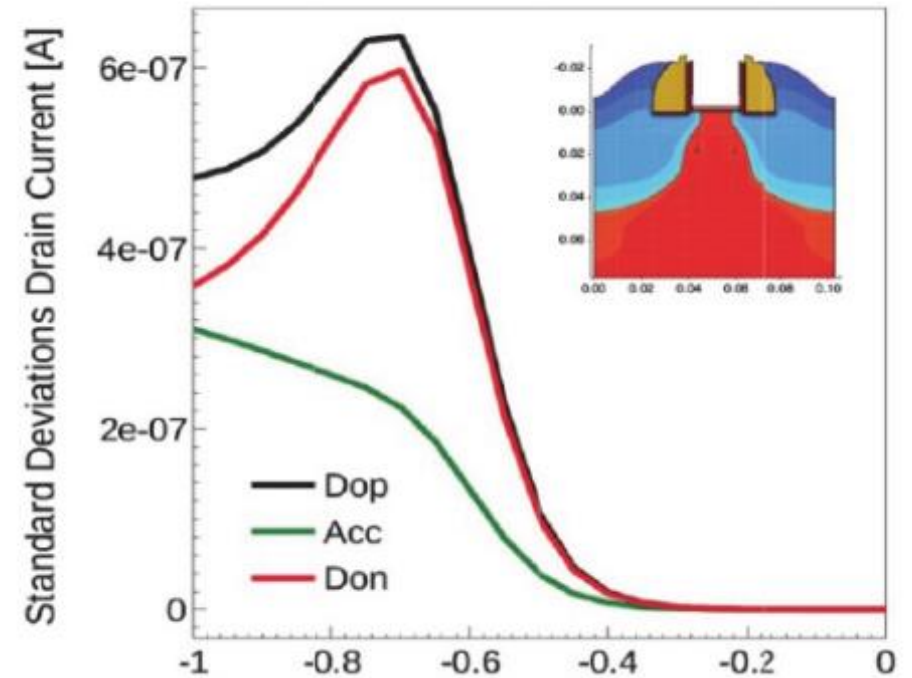
Модель 45-нм NMOS-транзистора, полученная с помощью симуляции в Sentaurus Process [39]

SENTAURUS SYNOPSIS

Sentaurus включает в себя два инструмента моделирования устройств – Taurus Medici и Sentaurus Device.

Sentaurus Device – программа двух- и трехмерного расчета широкого ряда полупроводниковых приборов от глубоко субмикронного МДП - транзистора до больших и мощных биполярных структур. Этот ряд включает также структуры на карбиде кремния, гомо- и гетероструктуры на соединениях материалов III - V группы. Программа Sentaurus Device позволяет проводить многомерное моделирование изолированных полупроводниковых приборов и приборов, соединенных в схему.

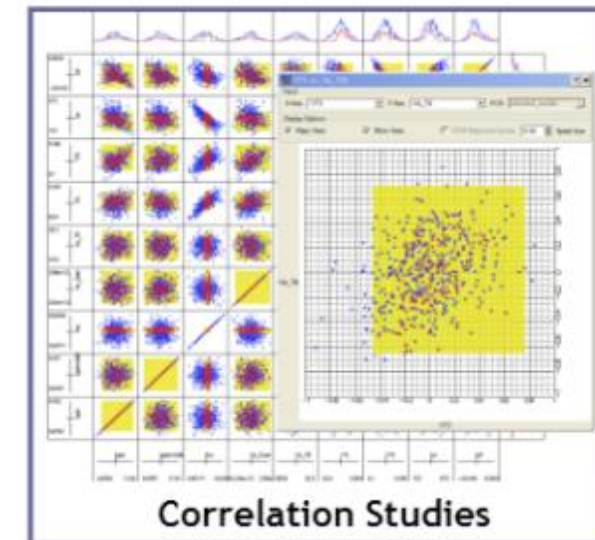
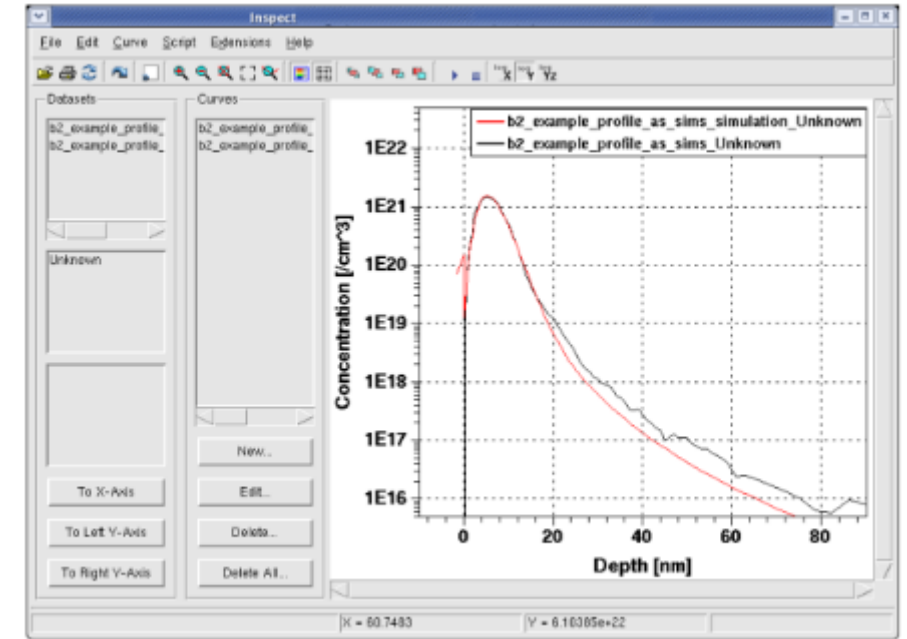
В качестве входной модели используется структура, полученная либо с помощью инструментов симуляции технологического процесса (S. Process, TSUPREM-4), либо модель, построенная с помощью S. Structure Editor.



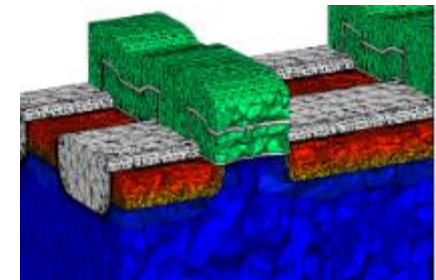
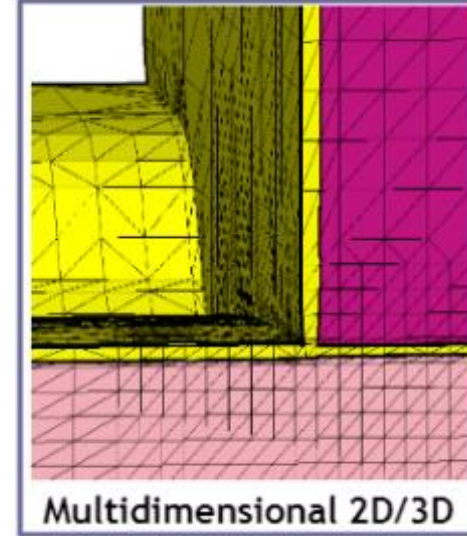
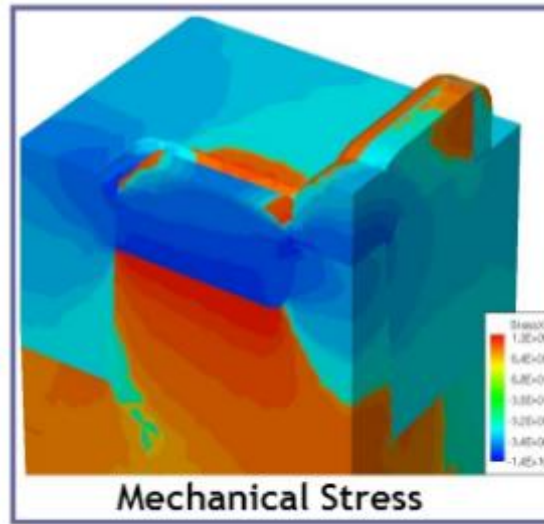
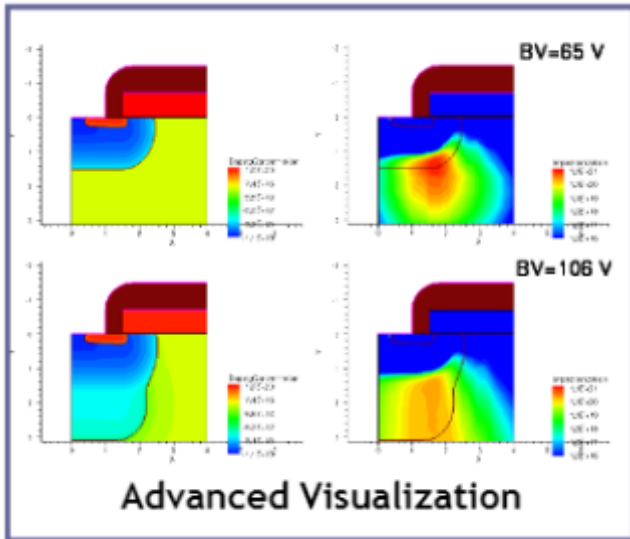
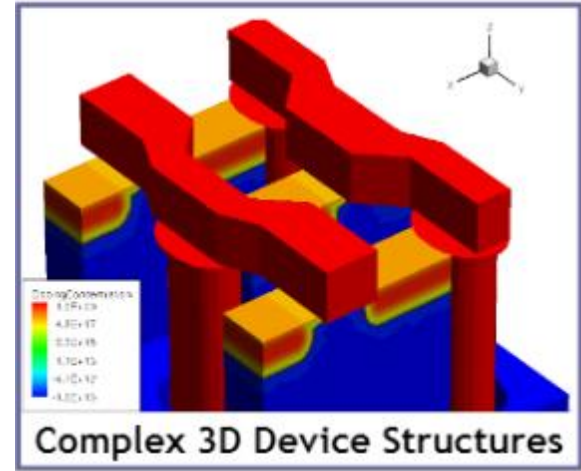
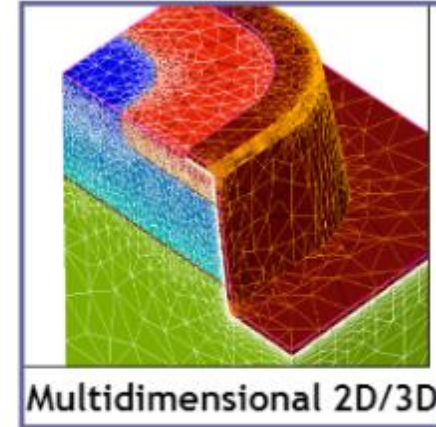
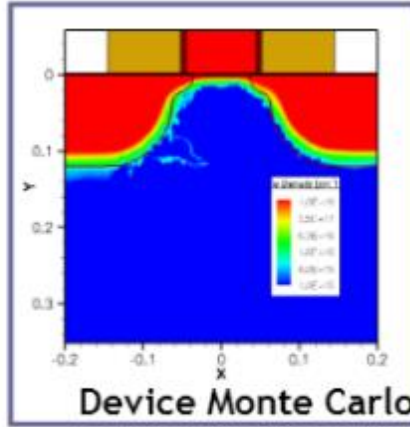
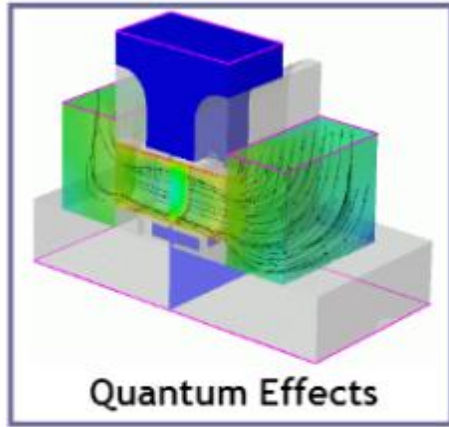
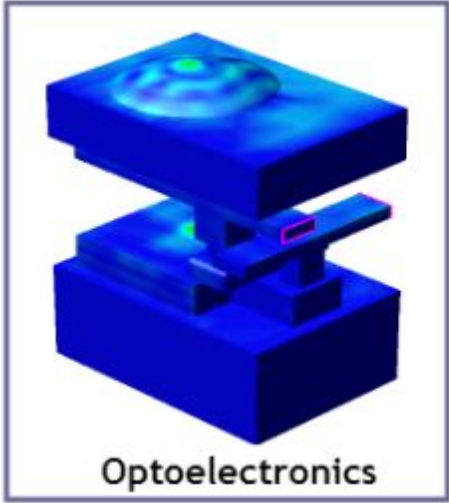
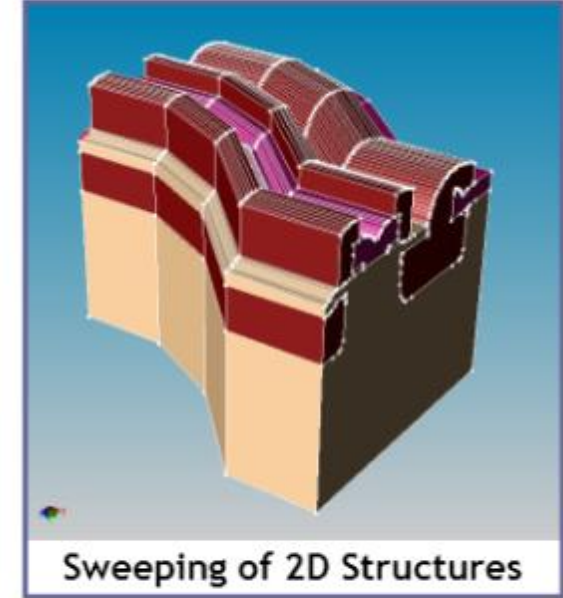
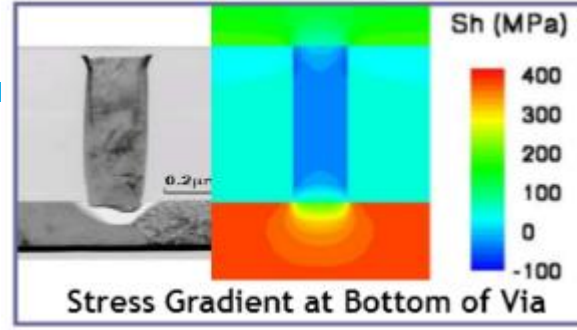
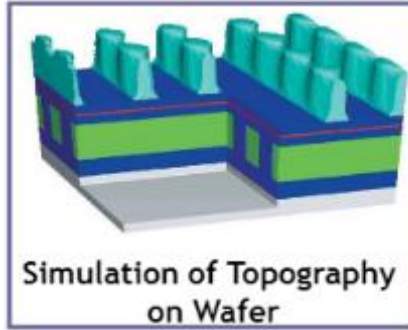
Моделирование влияния вариаций легирования на ток стока транзистора [39]

SENTAURUS SYNOPSIS

- Важным инструментом является библиотека калибровки (Calibration Library), состоящая из большого набора профилей SIMS (Sales Information Management System). Эта библиотека позволяет настроить чувствительность моделирования к различным параметрам, позволяя оперативно выполнить оптимизацию.
- Вариации таких параметров, как подвижность носителей заряда, ток утечки или пороговое напряжение – основная проблема для проектирования схем, повышения выхода годных. Эти вариации могут быть вызваны различными причинами, например искажениями при литографии, механическими напряжениями. Инструменты Seismos CX и Seismos LX формируют карту влияния топологически зависимых физических изменений на отклонения электрических характеристик на уровне транзистора, обеспечивая возможность анализа параметрической чувствительности в системе «процесс–прибор–схема».

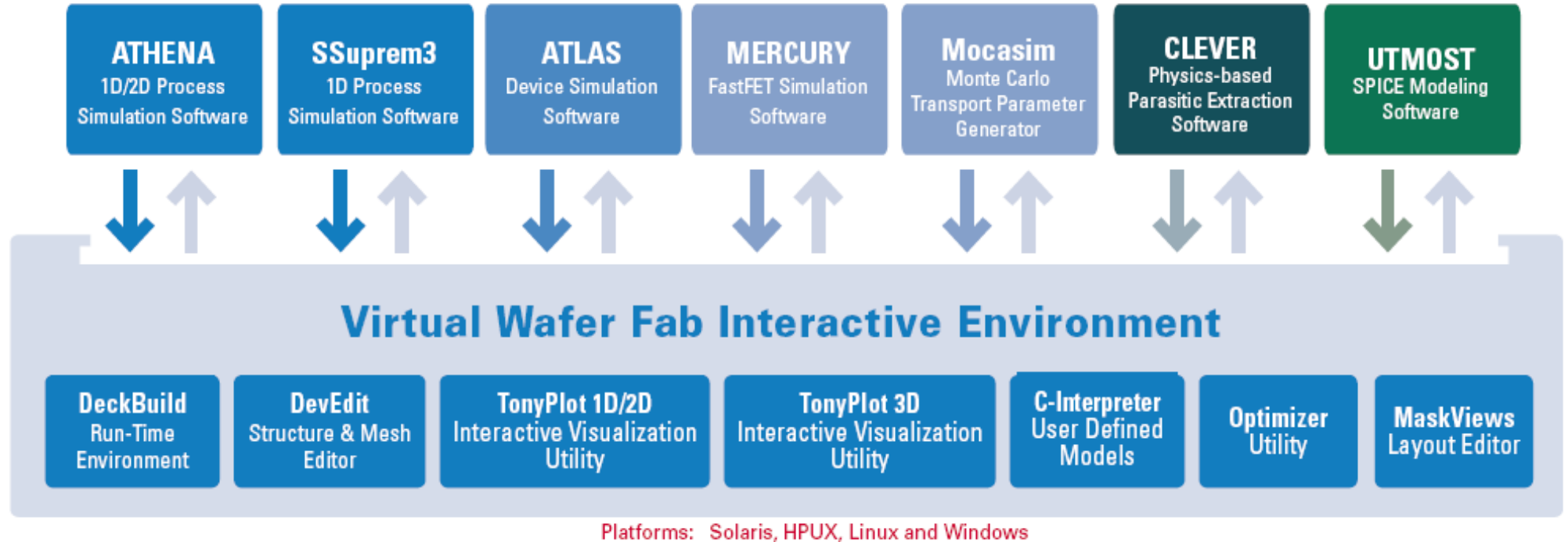


SENTAURUS SYNOPSIS



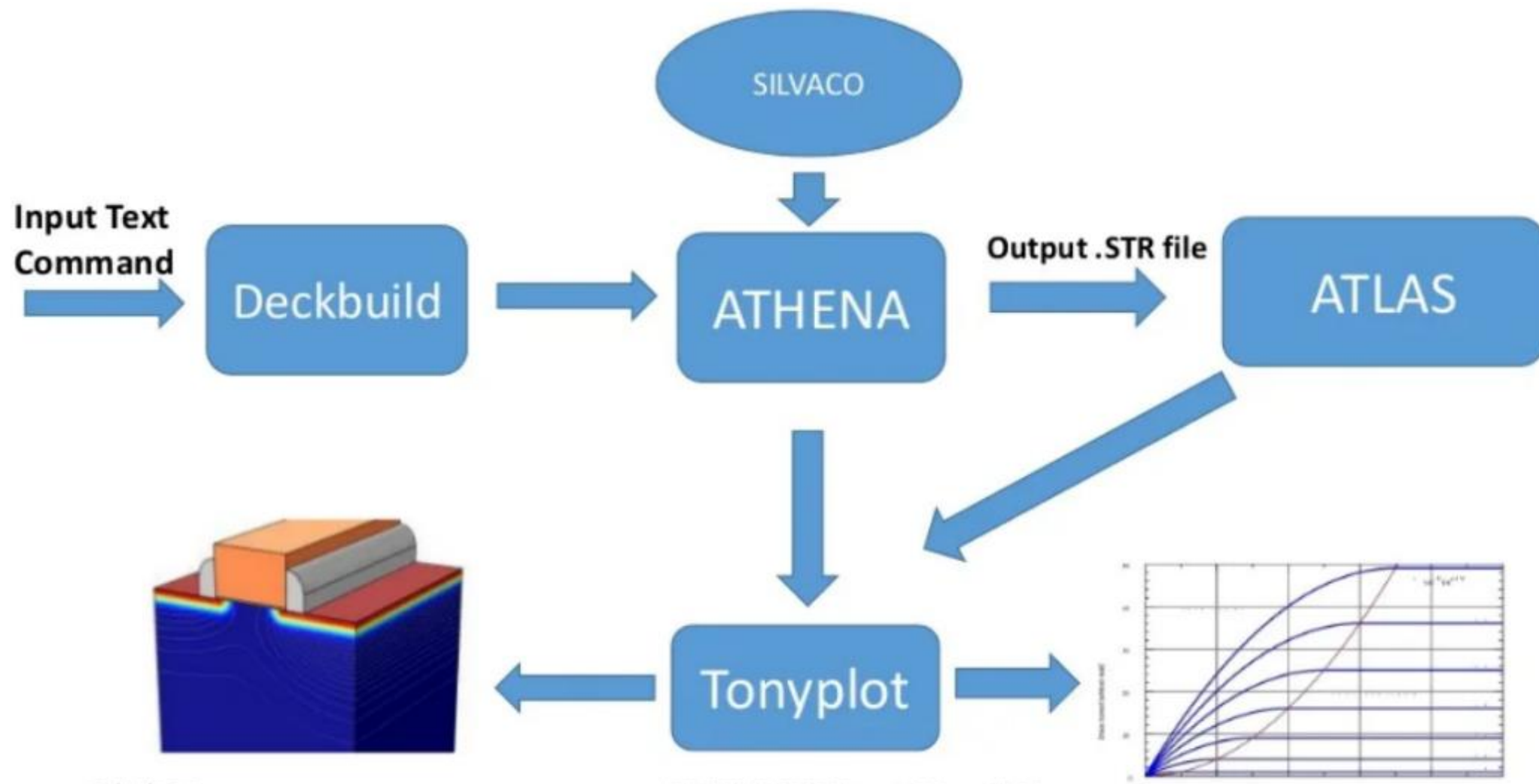
SILVACO TCAD

- Current Users
- DeckBuild
- DevEdit
- Editor
- Management Console
- Maskviews
- Server Status
- SFLM Access
- SFLM Admin
- Show ID
- SMAN
- Start Server
- Stop Server
- TonyPlot 3D
- TonyPlot
- User Config



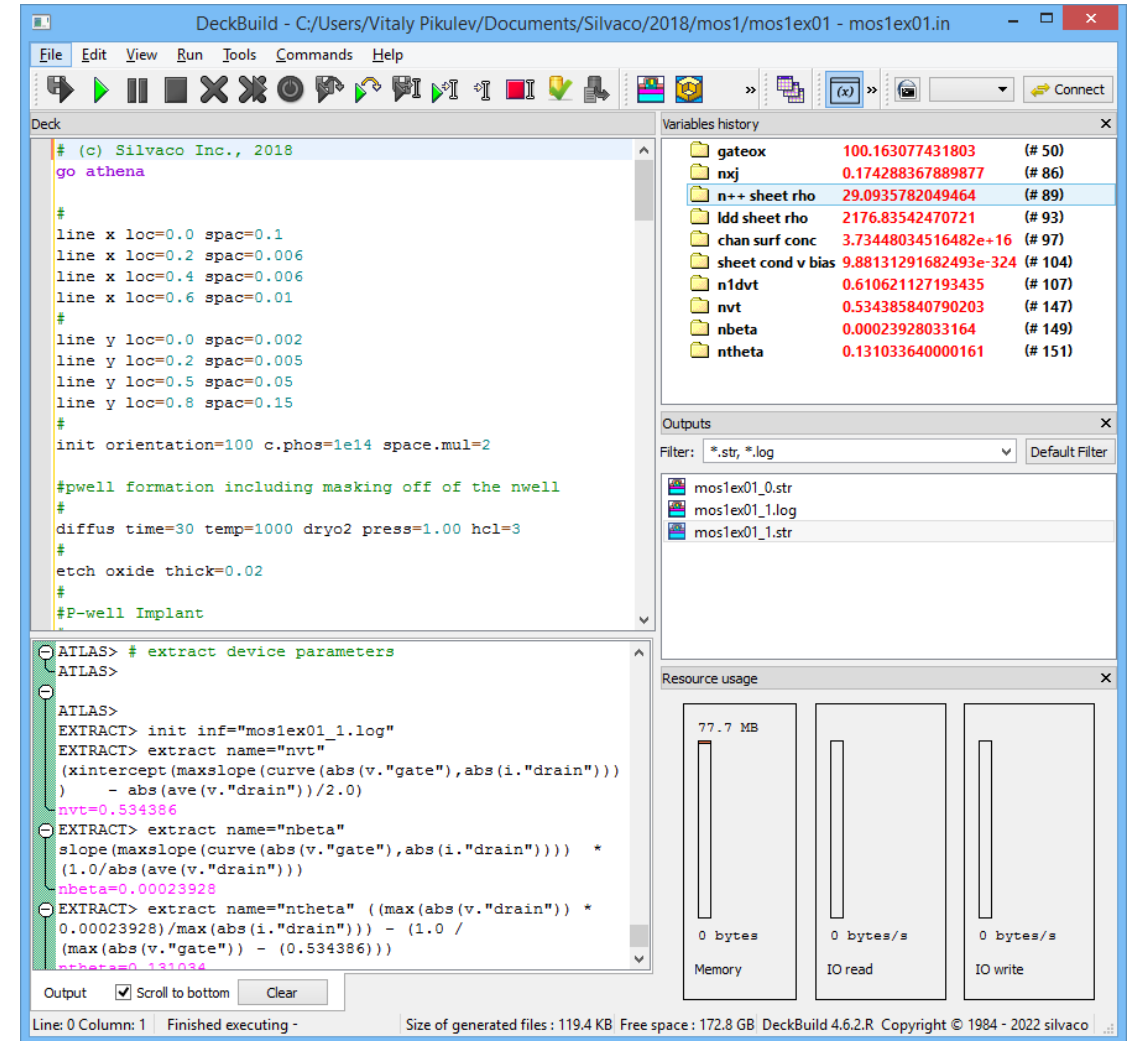
- Silvaco TCAD, продукт компании Silvaco Inc., содержит модули приборно-технологического моделирования и средства, обеспечивающие интерактивный режим работы. Программа имеет версии под Linux Red Hat и под Windows. Концепцией программного пакета является *Virtual FAB*, т.е. возможность моделирования всех этапов микрорелектронного производства.

SILVACO: KAK TAM BCË YCTPOEHO



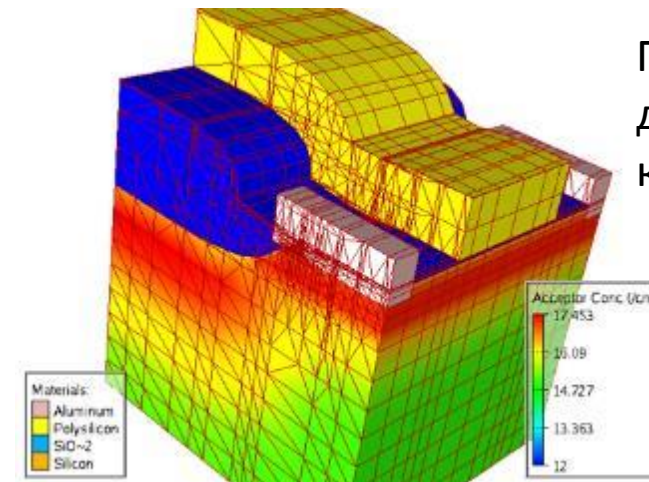
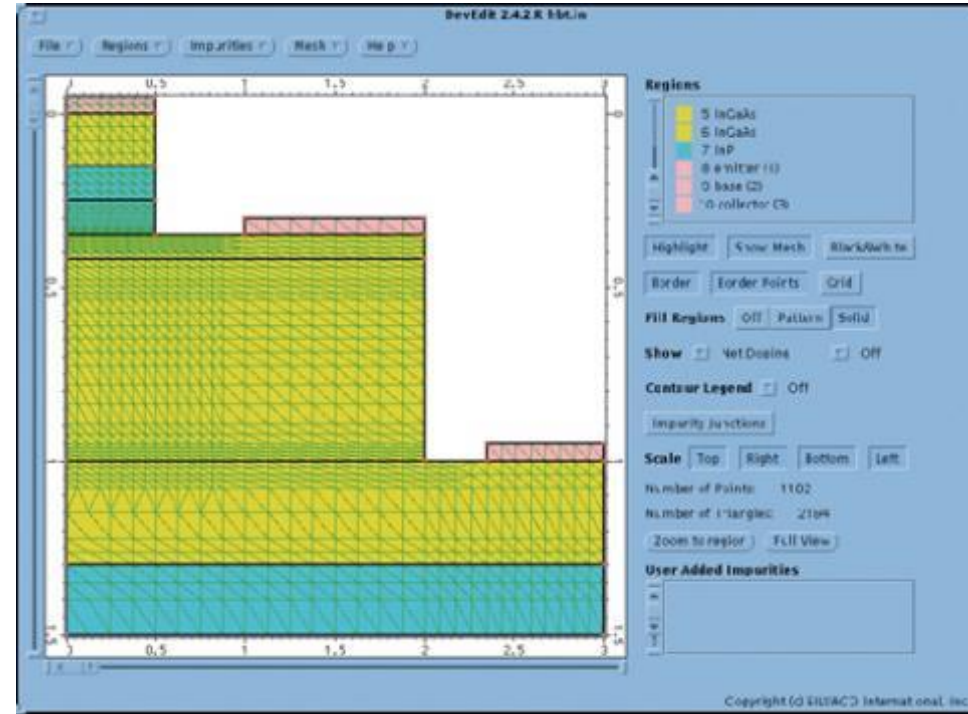
SILVACO DECKBUILD

Интерактивные инструменты (DeckBuild, TonyPlot 2D и 3D, MaskViews и DevEdit и т. д.) интегрированы в среду Silvaco и предоставляют интерфейс, обеспечивающий выполнение и визуализацию всех процессов моделирования. DeckBuild – основной инструмент для выполнения команд и взаимодействия нескольких продуктов Silvaco. Эта интерактивная среда, с которой начинает работу каждый продукт ветви Silvaco TCAD, включает в себя интерфейс для автоматического запуска других интерактивных инструментов (таких, как TonyPlot) из входного файла или из панели инструментов, а также содержит библиотеку, охватывающую множество технологий и материалов.



SILVACO DEVEDIT

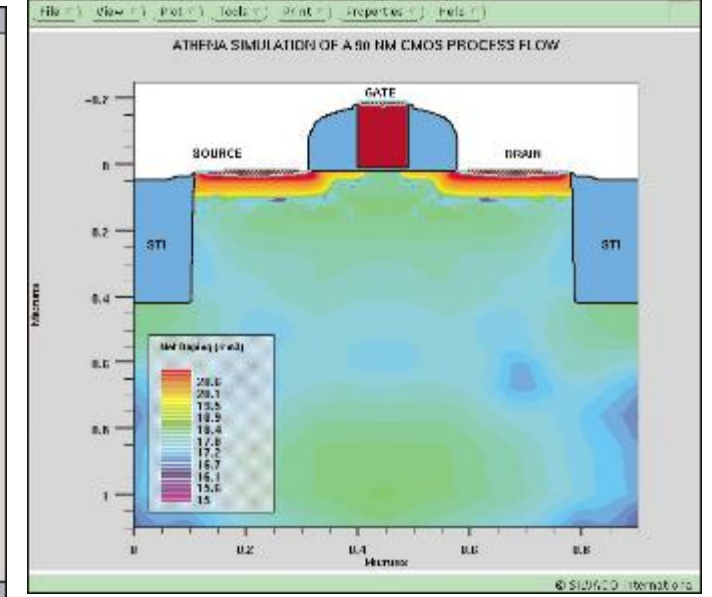
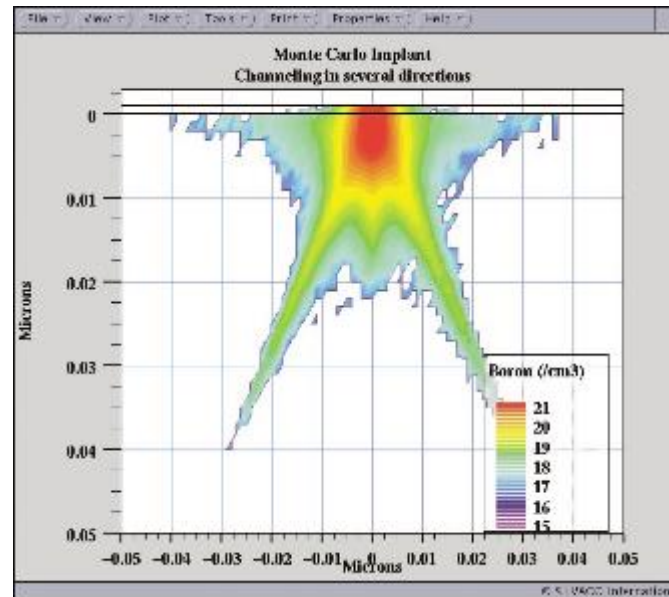
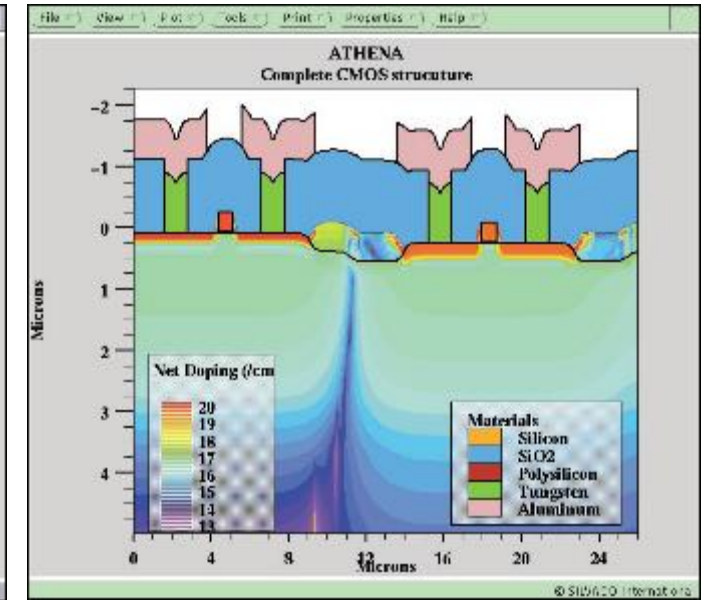
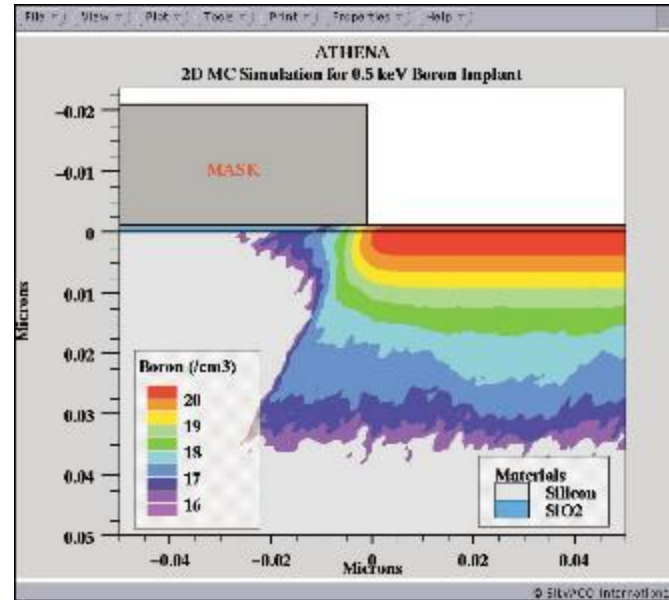
- Даёт возможность создать устройство "с нуля", перестроить расчётную сетку или отредактировать геометрию уже существующего устройства
- Зеркальное отображение, растяжение, клонирование и объединение элементов
- Использование графических инструментов для рисования и редактирования устройства
- Импорт 1D-профиля легирования



Под Windows доступен только командный режим

SILVACO ATHENA

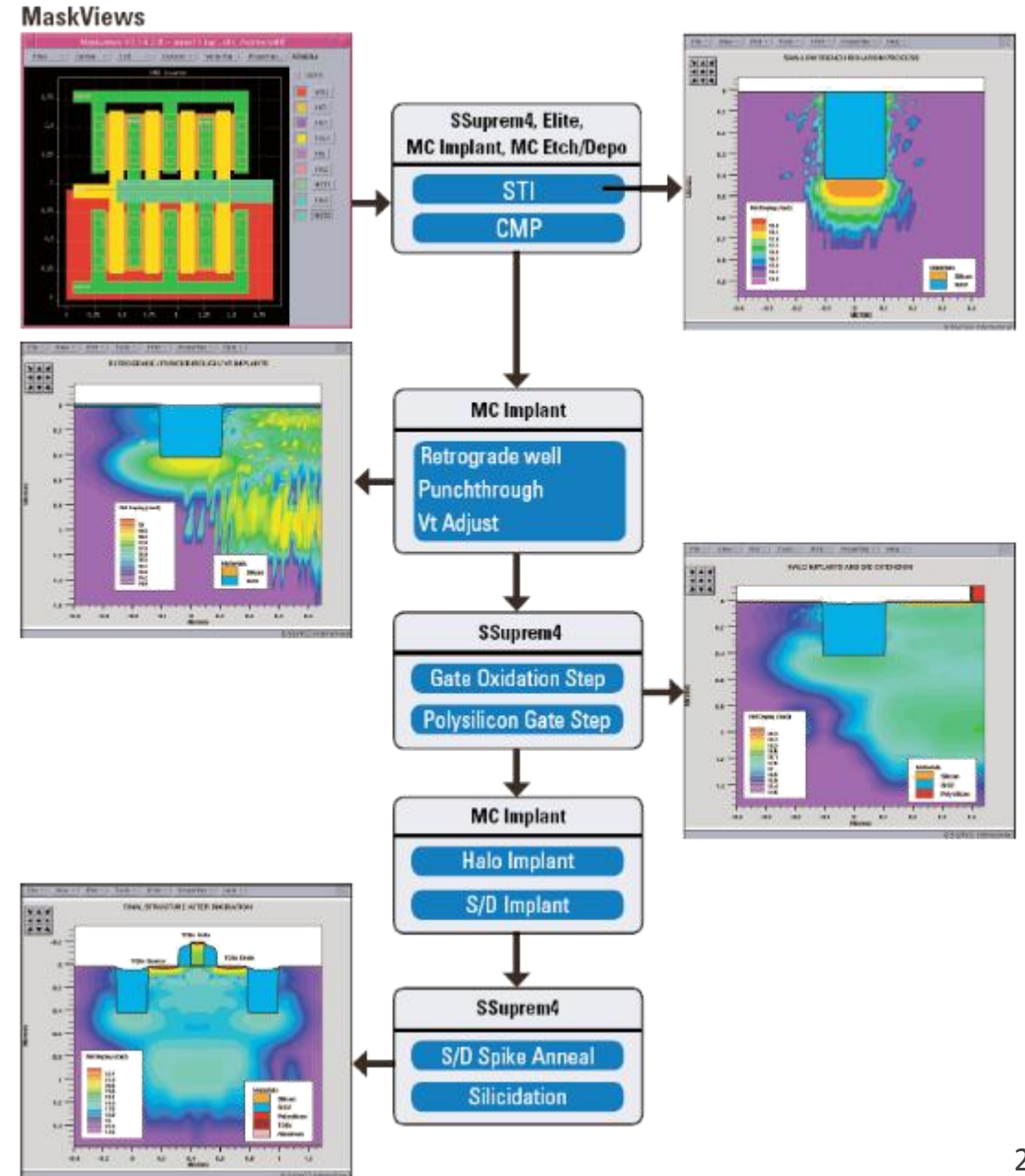
К модулям симуляции технологических процессов относится программное обеспечение VICTORY PROCESS и ATHENA, включающие в себя в свою очередь несколько отдельных программных средств. Модуль ATHENA предоставляет платформу для двумерного численного моделирования процессов, используемых в полупроводниковой промышленности: ионная имплантация, диффузия, окисление, физическое травление и осаждение, литография.



SILVACO ATHENA

Состав пакета:

- SSuprem 4 – двумерное проектирование, анализ и оптимизация технологического маршрута формирования кремниевых полупроводниковых структур. Моделируются базовые технологические операции, такие как диффузия, окисление и ионная имплантация
- ELITE – двумерное топологическое проектирование, в том числе моделирование процессов осаждения и травления
- OPTOLITH – моделирование двумерной оптической литографии



SILVACO ATHENA: ПРИМЕР СКРИПТА

```
# (c) Silvaco Inc., 2018
```

```
go athena
```

```
#
```

```
line x loc=0 spac=0.1
```

```
line x loc=0.2 spac=0.006
```

```
line x loc=0.4 spac=0.006
```

```
line x loc=0.5 spac=0.01
```

```
#
```

```
line y loc=0.00 spac=0.002
```

```
line y loc=0.2 spac=0.005
```

```
line y loc=0.5 spac=0.05
```

```
line y loc=0.8 spac=0.15
```

```
#
```

```
init orientation=100 c.phos=1e14 space.mul=2
```

```
#pwell formation including masking off of the nwell
```

```
#
```

```
diffus time=30 temp=1000 dryo2 press=1.00 hcl=3
```

```
#
```

```
etch oxide thick=0.02
```

```
#
```

```
#P-well Implant
```

```
#
```

```
implant boron dose=8e12 energy=100 pears
```

```
diffus temp=950 time=100 weto2 hcl=3
```

```
#
```

```
#N-well implant not shown -
```

```
#
```

```
# welldrive starts here
```

```
diffus time=50 temp=1000 t.rate=4.000 dryo2 press=0.10 hcl=3
```

```
#
```

```
diffus time=220 temp=1200 nitro press=1
```

```
#
```

```
diffus time=90 temp=1200 t.rate=-4.444 nitro press=1
```

```
#
```

```
etch oxide all
```

```
#
```

```
#sacrificial "cleaning" oxide
```

```
diffus time=20 temp=1000 dryo2 press=1 hcl=3
```

```
#
```

```
etch oxide all
```

```
#
```

```
#gate oxide grown here:-
```

```
diffus time=11 temp=925 dryo2 press=1.00 hcl=3
```

```
#
```

```
# extract gate oxide thickness
```

```
extract name="gateox" thickness oxide mat.occno=1 x.val=0.50
```

```
#
```

```
#vt adjust implant
```

```
implant boron dose=9.5e11 energy=10 pearson
```

```
depo poly thick=0.2 divi=10
```

```
#
```

```
#from now on the situation is 2-D
```

```
#
```

```
etch poly left p1.x=0.35
```

```
#
```

```
method fermi compress
```

```
diffuse time=3 temp=900 weto2 press=1.0
```

```
#
```

```
implant phosphor dose=3.0e13 energy=20
```

```
pearson
```

```
#
```

```
depo oxide thick=0.120 divisions=8
```

```
#
```

```
etch oxide dry thick=0.120
```

```
#
```

```
implant arsenic dose=5.0e15 energy=50
```

```
pearson
```

```
#
```

```
method fermi compress
```

```
diffuse time=1 temp=900 nitro press=1.0
```

```
#
```

```
#
```

```
etch oxide left p1.x=0.2
```

```
deposit alumin thick=0.03 divi=2
```

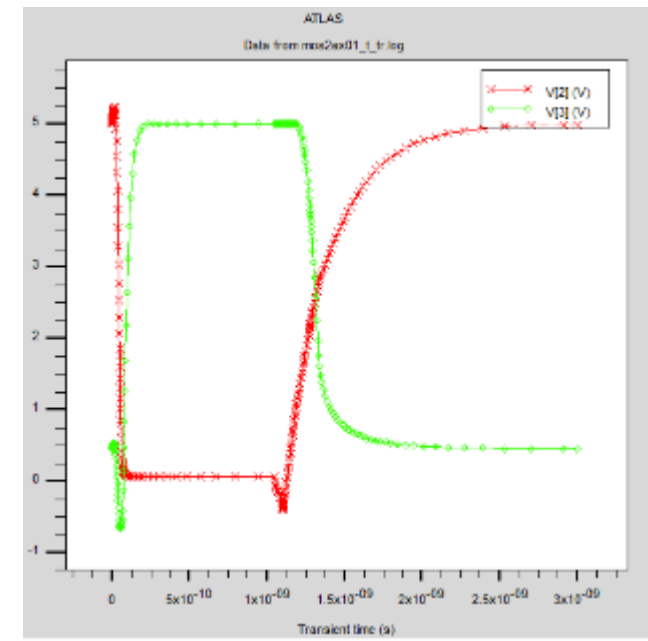
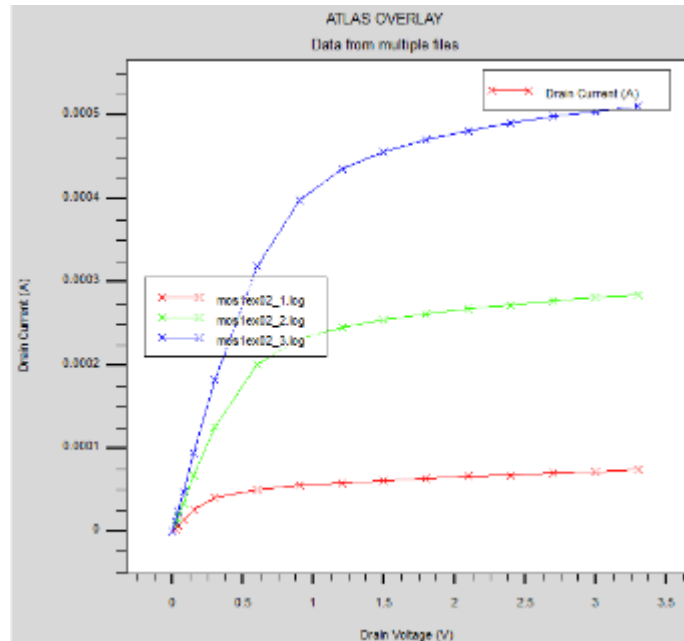
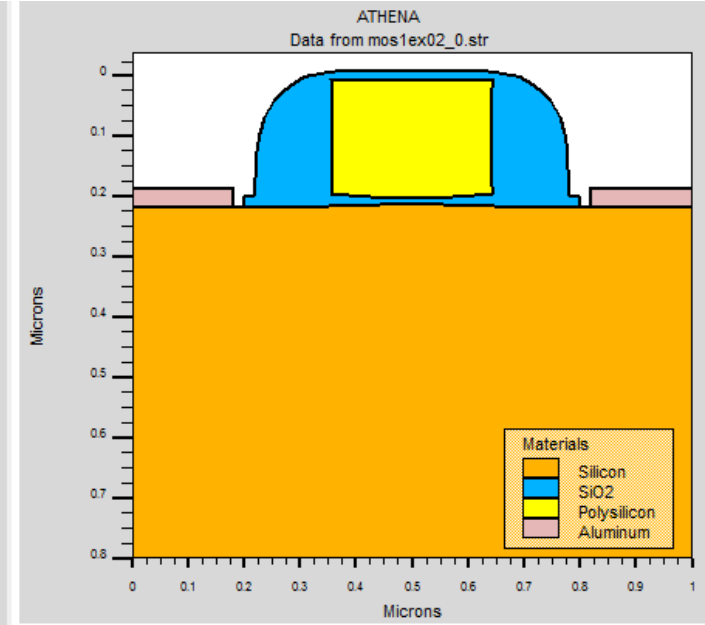
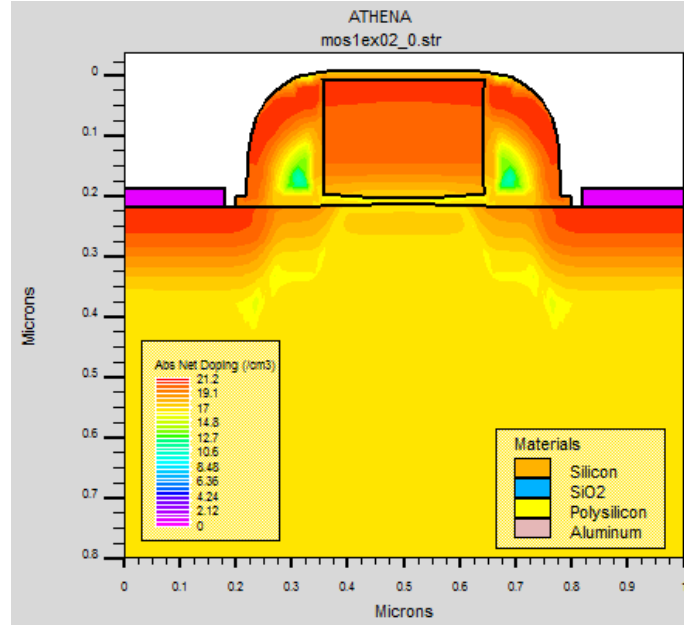
```
etch alumin right p1.x=0.18
```

```
...
```

SILVACO ATLAS

Для моделирования работы приборной структуры предназначена программа ATLAS, выполняющая расчет электрических, оптических и тепловых характеристик полупроводниковых приборов при заданных внешних воздействиях, в частности, напряжениях на электродах. Программа ATLAS выполняет расчёты переходных процессов в двух- и трёхмерном представлении.

К физическим явлениям, которые учитываются в моделях функциональных элементов интегральных схем наряду с процессами диффузии и дрейфа, относятся поглощение и генерация фотонов, расчёт магнитных полей, распределение джоулева тепла, радиационные воздействия, эффекты горячих носителей и эффекты туннелирования.



SILVACO ATLAS: ПРИМЕР СКРИПТА

```
go atlas

# define the Gate workfunction
contact name=gate n.poly

# Define the Gate Qss
interface qf=3e10

# Use the cvt mobility model for
MOS
models cvt srh print numcarr=2
method climit=1e-4 maxtrap=10
# set gate biases with Vds=0.0
solve init
solve vgate=1.1 outf=solve_tmp1
solve vgate=2.2 outf=solve_tmp2
solve vgate=3.3 outf=solve_tmp3

#load in temporary files and ramp Vds

load infile=solve_tmp1
log outf=mox1ex02_1.log
solve name=drain vdrain=0 vfinal=3.3 vstep=0.3

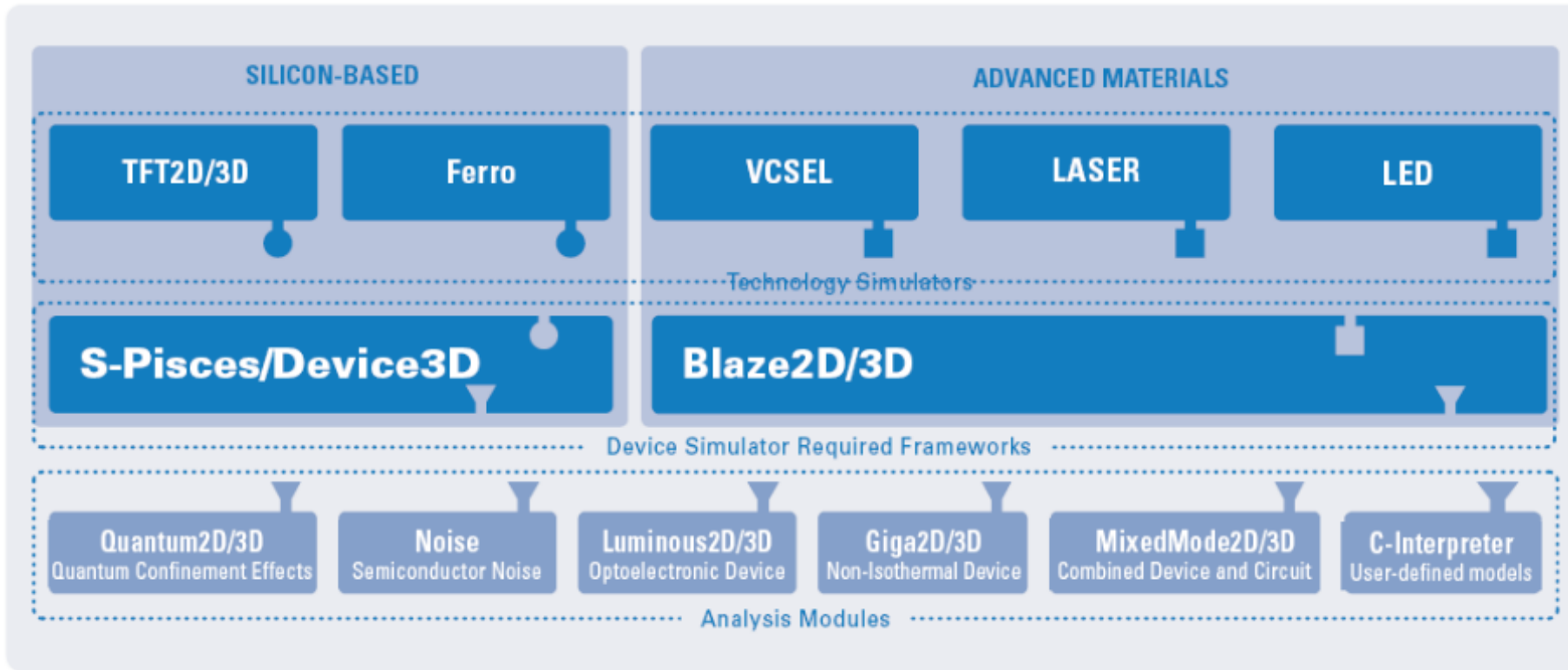
load infile=solve_tmp2
log outf=mox1ex02_2.log
solve name=drain vdrain=0 vfinal=3.3 vstep=0.3

load infile=solve_tmp3
log outf=mox1ex02_3.log
solve name=drain vdrain=0 vfinal=3.3 vstep=0.3

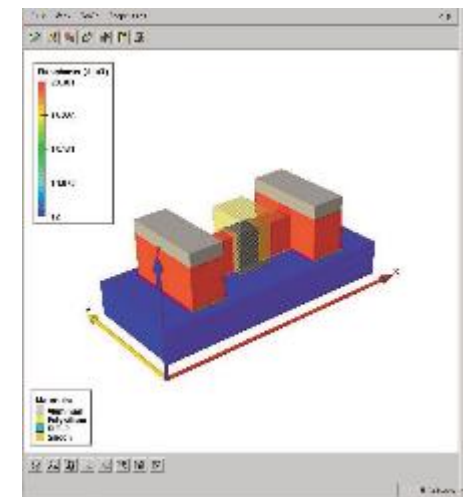
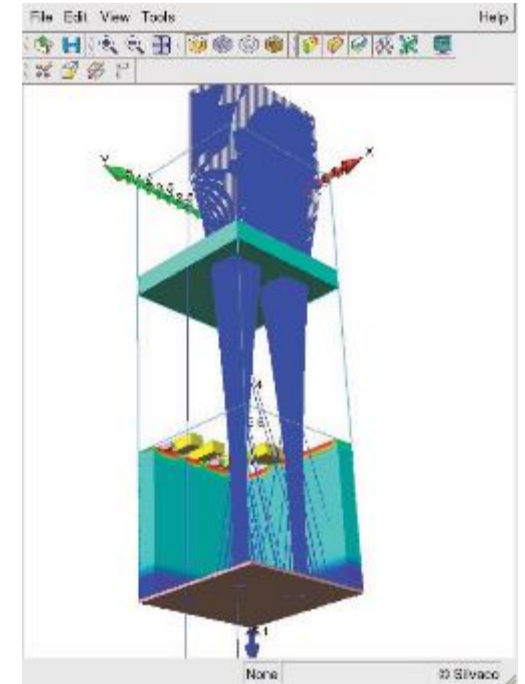
# extract max current and saturation slope
extract name="nidsmax" max(i."drain")
extract name="sat_slope" slope(minslope(curve(v."drain",i."drain")))

tonyplot -overlay mox1ex02_1.log mox1ex02_2.log mox1ex02_3.log -
set mox1ex02_1.set
```

SILVACO ATLAS



Пакет программ для моделирования физических параметров приборов на основе кремниевой (программа S-Pisces), аморфной и поликристаллической (программы TFT) технологий, а также МОП приборов (программа Mercury) и HEMT (программа Blaze).

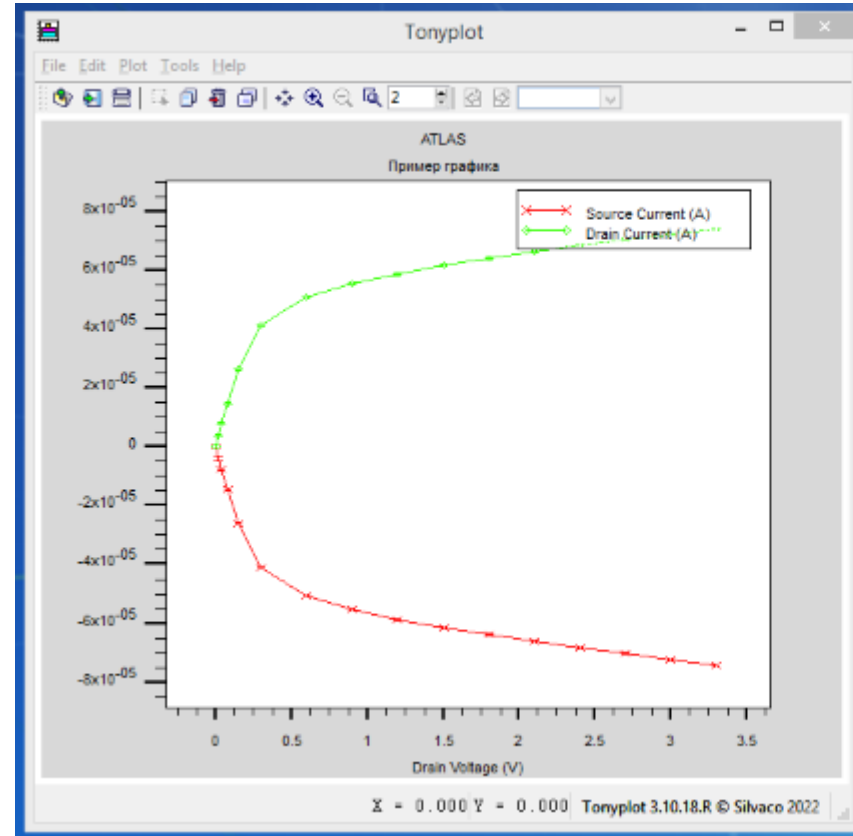


SILVACO TONYPLOT

Object Browser

- Scene
 - Structure
 - Silicon
 - Silicon**
 - Aluminum
 - Emitter
 - Base
 - substrate
 - Coordinate System
 - X Axis
 - Y Axis
 - Z Axis
 - ab Title
 - Region Legend

Property	Value
Region	
Name	Silicon
Visible	true
Draw	(Default)
Opacity	Opaque
Label	
Label Visible	false
Text	Silicon
Color	■ #000000



Tonyplot: Display (XY Graph)

Show: Type: Convert Data

X Scale: Linear Log Use Mixed Y Axes Y1 Scale: Linear Log

X Quantity: Drain Voltage

Y Quantities 1: Gate Voltage, Gate Int. Voltage, Gate Current, Source Voltage, Source Int. Voltage, **Source Current**, Drain Voltage, Drain Int. Voltage, **Drain Current**, Substrate Voltage, Substrate Int. Voltage, Substrate Current, Function 1, Function 2

Y Quantities 2: Gate Voltage, Gate Int. Voltage, Gate Current, Source Voltage, Source Int. Voltage, Source Current, Drain Voltage, Drain Int. Voltage, Drain Current, Substrate Voltage, Substrate Int. Voltage, Substrate Current, Function 1, Function 2

Group: None Display CIE Overlay

Buttons: Functions... OK Cancel Apply

Display (2D Mesh)

Define

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



meme-arena.ru

Виталий Пикулев, 2022
scilink.ru