

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ  
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ  
ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ»**

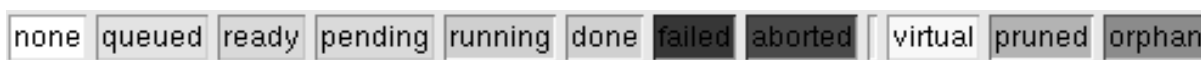
Учебно-методическое пособие для вузов

Составители:  
Г.В. Быкадорова,  
А.Ю.Ткачев

Воронеж  
Издательский дом ВГУ  
2014

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Приборно-технологическая САПР TCAD для моделирования электронной компонентной базы .....	4
1.1. Состав приборно-технологической САПР TCAD .....	4
1.2. Визуализация результатов численных экспериментов в САПР TCAD .....	6
2. Моделирование технологии элементной базы твердотельной электроники в специализированном пакете САПР TCAD .....	10
2.1. Программный модуль для моделирования технологических процессов микро- и нанoeлектроники .....	10
2.2. Моделирование стандартных технологических процессов.....	16
2.2.1. Термическое окисление.....	16
2.2.1.1. Одномерное термическое окисление кремния .....	16
2.2.1.2. Локальное термическое окисление кремния .....	18
2.2.2. Диффузионное перераспределение примесей .....	21
2.2.3. Ионная имплантация .....	24
2.2.3.1. Нормальная имплантация однородных полупроводниковых подложек.....	24
2.2.3.2. Нормальная имплантация однородных полупроводниковых подложек с учетом эффекта каналирования.....	26
2.2.3.3. Имплантация многослойных структур.....	27
2.2.3.4. Наклонная имплантация полупроводниковых структур .....	29
Литература .....	32



При нажатии правой кнопки мыши на расчетном узле появляется контекстное меню, наиболее часто используемые пункты которого: **run** (запустить расчет), **abort** (прервать выполнение), **view output** (просмотреть сообщения программы о ходе расчета), **visualize** (визуальное представление результатов расчетов).

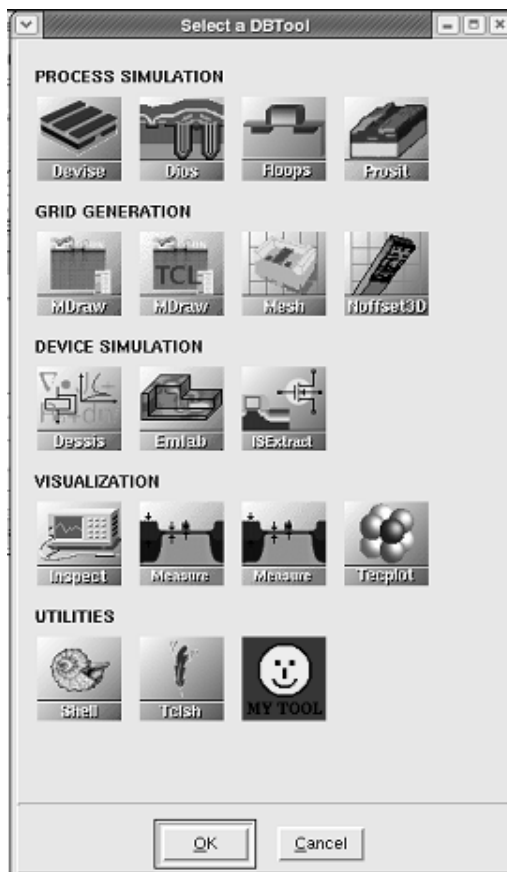


Рис. 1.3. Окно выбора программных модулей среды CAIP ISE TCAD

## 1.2. Визуализация результатов численных экспериментов в САПР TCAD

Для просмотра результатов расчета узлов необходимо нажать правую кнопку мыши на требуемом узле и в контекстном меню выбрать пункт **visualize->**. В подменю можно выбрать **\*.plt files (INSPECT)** для просмотра данных в виде графиков либо **\*.dat files (TECPLOT)** для визуального представления распределений концентрации примесей и электрофизических величин в моделируемой структуре.

Программа **INSPECT** служит для построения и анализа графиков. Имеется возможность управления процессом построения и анализа графиков с

помощью командного файла. Графическое окно программы **INSPECT** показано на рисунке 1.4. Для построения графика по данным из загруженного файла (\*.plt) необходимо выполнить следующие действия: выделить нужный загруженный файл с данными; выделить нужный контакт; выделить параметр для данного контакта и выбрать ось, на которой будет отображаться диапазон значений данного параметра, при этом первым нужно задавать параметр по оси X. Такие же действия проделать для задания параметров по осям Y и Y2. Таким образом строятся различные вольт-амперные характеристики и другие подобные зависимости. Файл с расширением \*.plx достаточно просто загрузить, график будет построен автоматически. Следует учесть, что для просмотра профилей распределения примесей из **DIOS** нужно использовать полулогарифмические координаты: X – logY.

Пример: для построения передаточной характеристики МОП-транзистора нужно напряжение на затворе (gate -> **InnerVoltage**) отложить по оси X, а полный ток стока (drain -> **TotalCurrent**) – по оси Y.

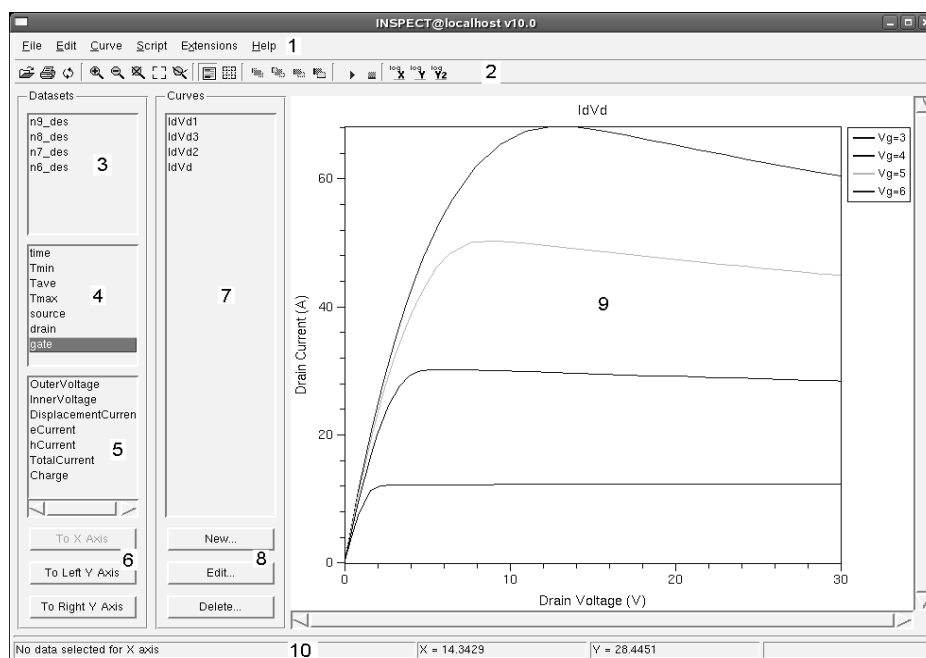


Рис. 1.4. Графическое окно программы **INSPECT**:

- 1 – строка меню; 2 – строка кнопок управления; 3 – список загруженных файлов;  
 4 – область выбора электрических и термических контактов, времени; 5 – область выбора параметров на контактах; 6 – кнопки выбора координатных осей;  
 7 – список построенных графиков; 8 – кнопки создания и редактирования графиков;  
 9 – область графиков; 10 – строка состояния

Программа **TECPLOT** предназначена для визуального представления результатов расчетов, таких как распределения концентрации примесей, плотностей токов, подвижностей носителей и т.д. **TECPLOT** может работать с одно-, двух- и трехмерными виртуальными приборными структура-

ми. Окно программы **TECPLOT** показано на рисунке 1.5. При работе с программой **TECPLOT** желательно отключить режим **NumLock**.

При загрузке файлов структуры необходимо учитывать, что **TECPLOT** использует пару файлов с расширениями **\*.dat** и **\*.grd**.

Наиболее часто используемые пункты строки меню:

**File -> Load** – загрузка данных;

**View -> Maximize Workspace** – увеличение области просмотра на все окно;

**Axis** – настройка внешнего вида координатных осей;







**Plot -> Contour** – изменение количества изолиний, режима цветового градиента, меток изолиний и т.д. для выбранного параметра;

**Slicer** – построение сечений;

**Data -> Probe At** – отображение значений параметров в заданной точке.

Панель управления можно разделить на две части: кнопки управления, используемые в любом режиме просмотра, и область, вид которой зависит от режима просмотра – одномерный или многомерный.

Основные кнопки управления (рис. 1.5, 2a):

-  – **Load** – загрузка данных;
-  – **Reset** – приведение к начальному виду;
-  – **Redraw** – перерисовка изображения;
-  – **Last View** – предыдущий вид;
-  – **Zoom** – увеличение изображения;
-  – **Measure** – измерение расстояния между точками.

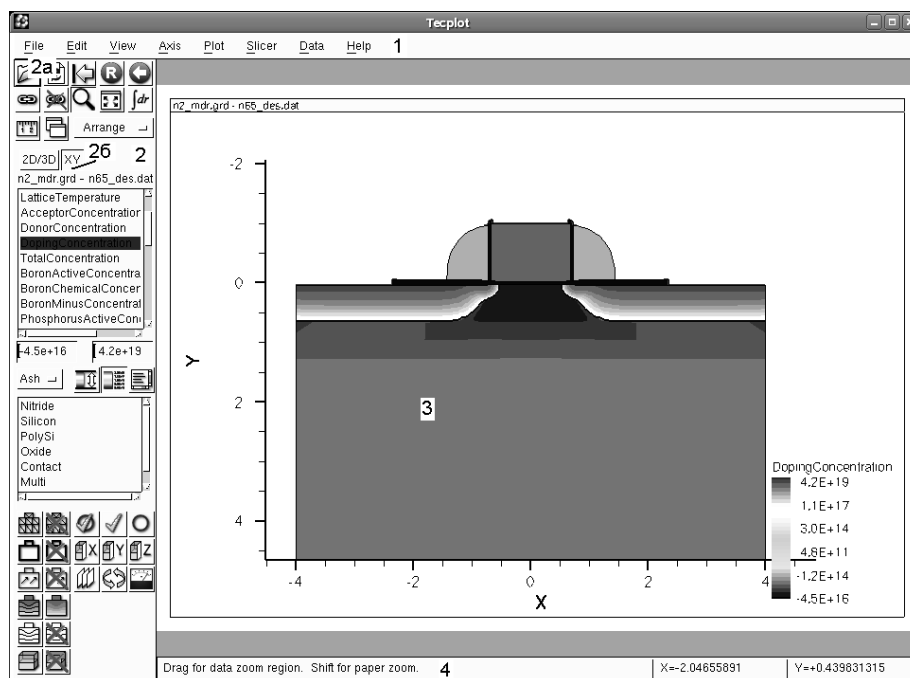


Рис. 1.5. Окно программы **TECPLOT**: 1 – строка меню; 2 – панель управления; 3 – область просмотра; 4 – строка состояния