

XI международная
научно-практическая конференция

Инженерные и научные
приложения на базе технологий
National Instruments - 2012

Сборник трудов конференции

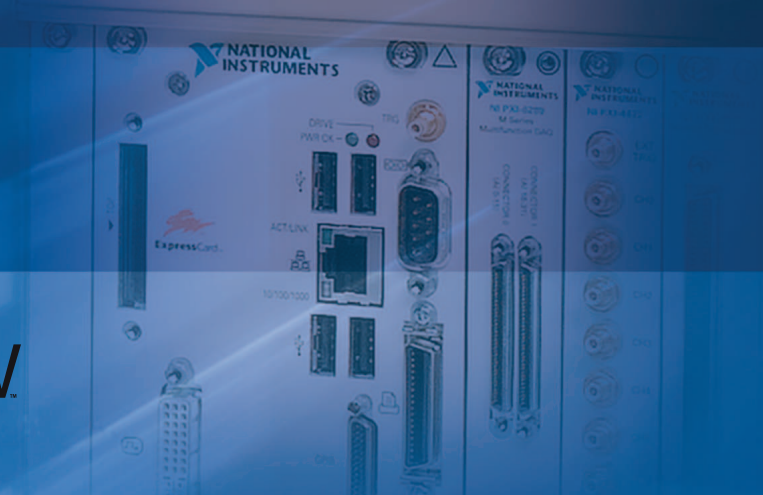
Москва, Россия
6 – 7 декабря 2012 г.



NATIONAL
INSTRUMENTS



NATIONAL INSTRUMENTS
LabVIEW



Министерство образования и науки
Российский университет дружбы народов
Филиал компании "National Instruments" в России, СНГ и Балтии

**ИНЖЕНЕРНЫЕ И НАУЧНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ
NATIONAL INSTRUMENTS – 2012**

СБОРНИК ТРУДОВ
XI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

*Москва, Россия
6-7 декабря 2012 г.*

Москва
2012

Программный комитет

Андреев В.В., директор Центра прикладных информационных технологий РУДН
Кондюрин А.В., специалист по техническому маркетингу National Instruments в России, СНГ и Балтии
Григорьев И.А., специалист по техническому маркетингу National Instruments в России, СНГ и Балтии
Бурматов А.В., менеджер по техническому маркетингу National Instruments в России, СНГ и Балтии
Рамазанова Ж.А., специалист по техническому маркетингу National Instruments в России, СНГ и Балтии

Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments – 2012:
Сборник трудов XI международной научно-практической конференции, Москва 6-7 декабря 2012 г. – М.: ДМК-пресс, 2012. –

Материалы публикуются в авторской редакции.

Содержание сборника составляют доклады с результатами оригинальных исследований и технических решений, ранее не публиковавшиеся. Мы надеемся, что предлагаемый сборник окажется полезным для специалистов, работающих в различных областях науки и техники, для широкого круга преподавателей, аспирантов и студентов ВУЗов, а также для преподавателей средних школ и технических колледжей.

Цель конференции

Целью конференции является обсуждение вопросов связанных с внедрением инновационных технологий для решения инженерных задач и их использования для автоматизации производства и экспериментальных установок, моделирования, обработки сигналов и результатов научного эксперимента, проведении удаленного эксперимента и повышения эффективности обучения студентов техническим дисциплинам и общего уровня инженерного образования.

ДОКЛАДЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Секция "Радиотехника и беспроводные технологии"(стр. 1)

Секция "Стендовые испытания и многоканальные системы сбора данных"
(стр. 52)

Секция "Промышленные системы мониторинга и АСУ ТП" (стр. 93)

Секция "Системы управления реального времени, аппаратно-программное моделирование и робототехника" (стр. 153)

Секция "Лабораторные практикумы и учебные стенды для школ и ВУЗов"
(стр. 195)

Секция "Автоматизация научного эксперимента" (стр. 368)

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СВЕРХКОРОТКОИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Э.В. Семенов,

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск

1. Постановка задачи

Емкость структур металл-диэлектрик-полупроводник и p - n -переходов зависит от формы воздействующих на них сигналов [1]. Известные приборы для измерения характеристик и экстракции параметров полупроводниковых элементов используют в качестве тестовых квазистационарные сигналы. Поэтому результаты измерений получаются адекватными только при близких к гармоническим воздействиях на исследуемые элементы. Кроме того, при характеристике полупроводниковых элементов посредством непрерывных сигналов диапазон изменения напряжений и токов ограничен предельной рассеиваемой на элементе мощностью. В итоге части вольт-амперной (ВАХ) и вольт-фарадной (ВФХ) характеристик, на которых реально работает элемент в импульсном режиме, оказываются недоступными для измерения. Эта проблема частично решается с применением импульсных методов измерений ВАХ (PIV) [2]. Однако длительности тестовых импульсов при этом выбираются значительно больше длительности переходных процессов в элементе. В широкополосных системах амплитуды токов и напряжений на элементах при воздействии короткими ($10 \text{ пс} \div 10 \text{ нс}$) импульсами могут достигать еще больших значений, чем те, которые могут быть обеспечены PIV-измерениями. В настоящей работе рассматривается программно-аппаратный комплекс, позволяющий измерять вольт-амперные и вольт-фарадные характеристики и осуществлять экстракцию параметров полупроводниковых элементов при воздействии на элемент видеоимпульсом с длительностью, меньшей длительности переходных процессов в элементе.

2. Используемое оборудование и программное обеспечение National Instruments

Аппаратная часть комплекса выполнена на базе платформы PXI компании National Instruments и включает шасси PXI-1033, генератор тестовых сигналов PXI-5412 и аналого-цифровой преобразователь PXI-5114. Программное обеспечение (ПО) UWB-CAP (UWB Characterization and Analysis Program) разработано нами в среде LabVIEW.

3. Описание решения

Структурная схема программно-аппаратного комплекса для сверхкороткоимпульсной характеристики полупроводниковых элементов приведена на рис. 1. Комплекс ориентирован на характеристику элементов, которые могут быть представлены эквивалентной схемой в виде параллельно соединенных нелинейной проводимости и нелинейной емкости. Это могут быть диоды (в том числе диоды Шотки), переходы биполярных транзисторов, затворы полевых транзисторов.

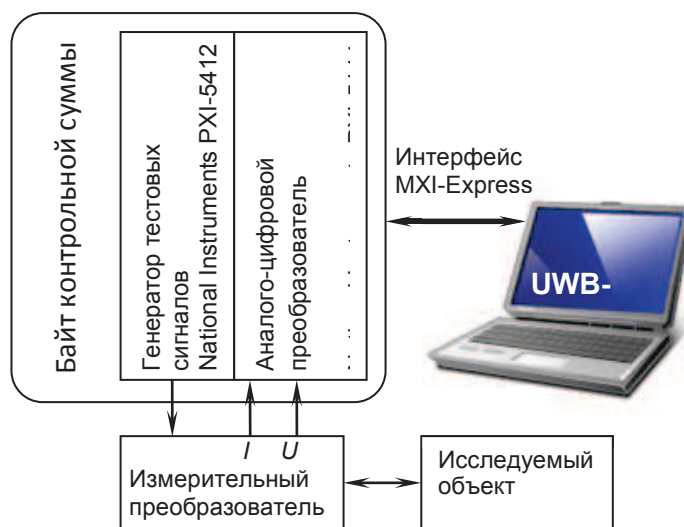


Рис. 1. Структурная схема программно-аппаратного комплекса для сверхкороткоимпульсной характеристики полупроводниковых элементов.

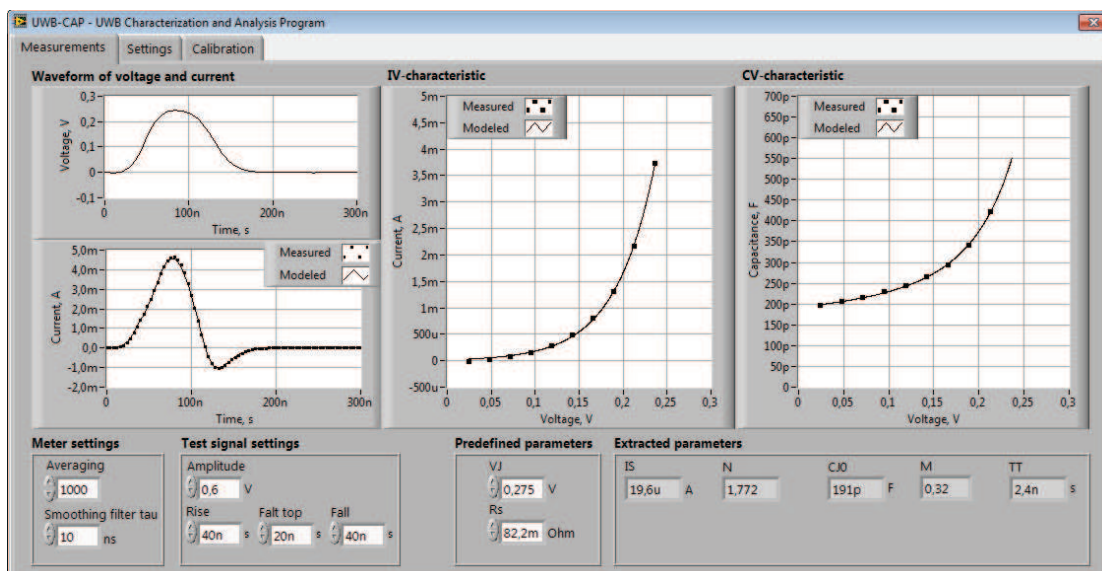


Рис. 2. Главное окно UWB-CAP — программного обеспечения для сверхкороткоимпульсной характеристики полупроводниковых элементов.

Собственно алгоритм измерений реализован в программном обеспечении UWB-CAP (рис. 2), которое устанавливается на компьютере, подключенном к шасси по интерфейсу MXI-Express. Возможна установка ПО и на размещаемом в шасси контроллере.

Интерфейс UWB-CAP представлен в трех вкладках: Measurements (измерения), Settings (установки) и Calibration (калибровка). Вкладка Measurements является основной. В ней отображаются результаты измерения, а также расположены основные установки измерителя. В левой нижней части вкладки задаются параметры тестового воздействия: амплитуда, длительность фронта, плоской вершины и спада. Кроме того, здесь же задаются параметры, которые чаще других корректируют при измерениях: количество измерений, на основании которых производится усреднение результатов (окно Averaging), и постоянная времени сглаживающего фильтра (окно Smoothing filter tau).

В левой верхней части вкладки Measurements выводятся зарегистрированные импульсы напряжения на исследуемом объекте (верхний график) и тока через него (нижний график, квадраты). Исходя из этих импульсов посредством метода [3] определяются сверхкороткоимпульсные ВАХ и ВФХ (графики в центре и справа вкладки Measurements, квадраты). Сущность этого метода сводится к совместной обработке тех частей напряжения на элементе и тока через элемент, которые соответствуют фронту и спаду тестового импульса напряжения. В результате удастся разделить реактивный ток через объект (определяющий ВФХ) и ток, определяющий ВАХ.

Затем осуществляется аппроксимация полученных ВАХ и ВФХ принятыми в SPICE-моделях зависимостями (графики в центре и справа вкладки Measurements, сплошные кривые). В формулу ВАХ в качестве неизвестных параметров входят ток насыщения IS и коэффициент неидеальности N; в формулу ВФХ — емкость при нулевом смещении CJO, коэффициент M, зависящий от характера распределения примесей, и время жизни неравновесных носителей заряда TT. По результатам аппроксимации определяются числовые значения перечисленных параметров (вкладка Measurements, снизу справа). Последовательное сопротивление Rs и контактная разность потенциалов VJ являются предопределенными параметрами (должны быть заданы пользователем до начала процесса измерения). Эти параметры существенным образом не зависят от вида тестового сигнала и могут быть определены классическими методами.

Для того чтобы убедиться в правильности экстракции параметров, по имеющейся модели полупроводникового элемента рассчитывается ток через элемент (напряжение на элементе считается тестовым воздействием). Этот ток приводится на том же графике (слева снизу на вкладке Measurements), что и реально зарегистрированный ток через элемент: рассчитанный по экстрагированным параметрам ток изображен сплошной линией, реально зарегистрированный — квадратами.

Во вкладке Settings собран ряд установок программно-аппаратного комплекса, которые не нуждаются в частом изменении (такие как используемая частота дискретизации, наблюдаемый интервал времени, цветовой стиль отображаемых графиков — для вывода на экран или для печати и некоторые другие).

Предусмотрена калибровка измерительного тракта (вкладка Calibration). При этом компенсируются различия амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик каналов регистрации напряжения на объекте и тока через объект.

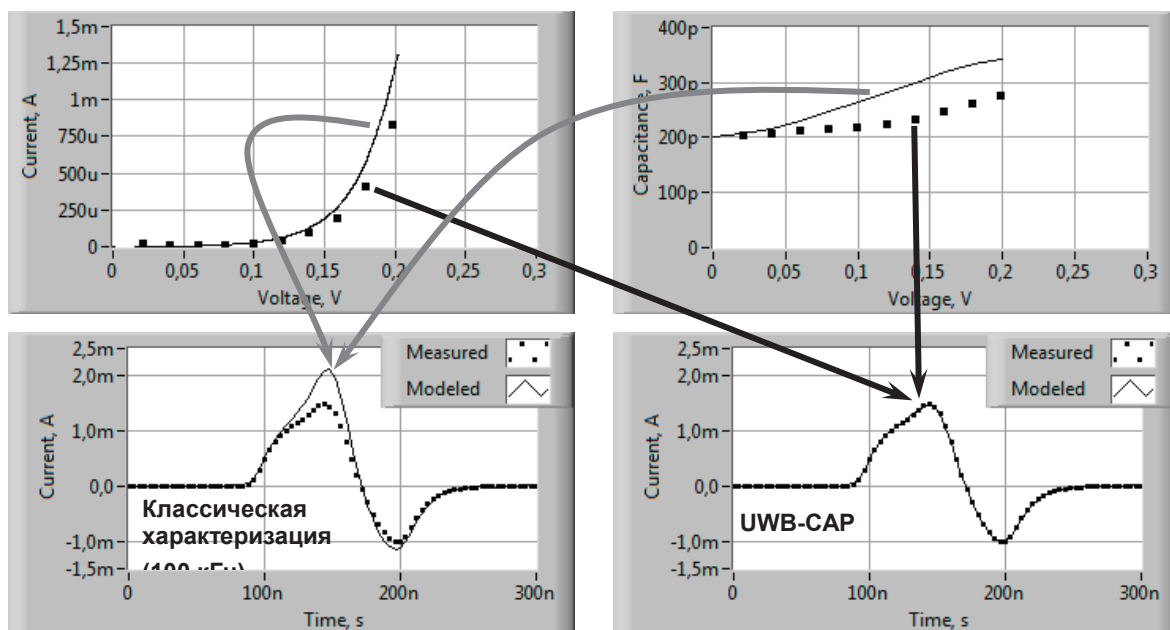


Рис. 3. Сравнение методических погрешностей классической и сверхкороткоимпульсной характеристики полупроводниковых элементов.

По отношению к импульсным сигналам рассматриваемый программно-аппаратный комплекс обеспечивает значительно меньшую методическую погрешность измерения характеристик и параметров полупроводниковых элементов, чем классические характериографы. Это обстоятельство продемонстрировано на рис. 3. Здесь приведены ВАХ (левый верхний график) и ВФХ (правый верхний график) диода 1N5817. Сплошными кривыми приведены ВАХ и ВФХ, полученные на гармоническом сигнале частотой 100 кГц (с медленно меняющимся постоянным смещением). Квадратами представлены сверхкороткоимпульсные ВАХ и ВФХ, измеренные с помощью рассматриваемого программно-аппаратного комплекса. На левом нижнем графике сопоставлены измеренный ток через диод (квадраты) и ток, полученный по модели, параметры в которой определены по ВАХ и ВФХ, измеренным на частоте 100 кГц (сплошная кривая). На правом нижнем графике сопоставлены измеренный ток через диод (квадраты) и ток, полученный по модели, параметры в которой определены в программе UWB-CAP. Можно видеть, что результаты моделирования импульса тока значительно лучше совпадают с результатами измерений при использовании параметров полупроводникового элемента, полученных в программе UWB-CAP.

4. Перспективы внедрения и развития решения

Рассмотренный программно-аппаратный комплекс может быть полезен производителям полупроводниковых элементов, а также разработчикам систем, в которых используются цифровые и импульсные сигналы и предъявляются требования высокой точности моделирования. В качестве примера можно привести цифровые системы связи и силовую электронику.

Приведенная аппаратная часть комплекса обеспечивает измерения в диапазоне длительностей тестовых сигналов от нескольких десятков нс. Платформа PXI позволяет простой заменой измерительных модулей реализовать измерения на тестовых сигналах и меньшей длительности. При этом модификация программного обеспечения практически не потребуется.

В настоящее время ведется разработка версии рассмотренного программно-аппаратного комплекса для характеристики трехполюсных элементов (транзисторов).

5. Список литературы

- [1]. Гуртов В.А. Твердотельная электроника : учеб. пособие. – 3-е изд., доп. – М. : Техносфера, 2005. – 512 с.
- [2]. Paggi M., Williams P.H., Borrego J.M. Nonlinear GaAs MESFET modeling using pulsed gate measurements // IEEE transactions on microwave theory and techniques. – 1988. – Vol. 36, No. 12. – P. 1593–1597.
- [3]. Семенов Э.В. Метод измерения вольтамперных и вольтфарадных характеристик сверхкоротким импульсом // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо '2011) : материалы 21 Международ. конф. Севастополь, Украина, 12–16 сентября 2011 г. – Севастополь : Вебер, 2011. – Т. 2. – С. 873–874.