

амплитудой выходного напряжения U_A цепи согласования с антенной следующим соотношением

$$I_A = \frac{U_A}{R}. \quad (6)$$

Используя выражения (4), (6) и формулу для резонансной частоты в контуре, получим систему уравнений

$$\begin{cases} Q_{fix} = \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot \frac{1}{R} \\ I_A = \frac{U_A}{R} \\ f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \end{cases} \quad (7)$$

Решение этой системы позволяет выразить амплитудное значение тока в антенне через индуктивность L следующим образом

$$I_A = \frac{Q_{fix} U_A}{2\pi f_0 L}. \quad (8)$$

Как видно из выражения (8), между током в антенне считывателя RFID и индуктивностью антенны наблюдается обратная зависимость. При заданной геометрии антенны и, соответственно, фиксированном значении L единственной возможностью увеличения напряженности магнитного поля, создаваемого антенной, является увеличение напряжения U_A .

Для соленоида диаметром $d = 0,155$ м; длиной $h = 0,01$ м; числом витков $N = 44$; индуктивностью $L = 0,684$ мГн; при $U_A = 3,18$ В, $R = 62$ Ом и $Q_{fix} = 12$ дальность действия составляет около 8 см. При уменьшении активного сопротивления контура до 20 Ом дальность действия снижается до 4 см, что можно объяснить значительными искажениями сигнала за счет уменьшения полосы пропускания, хотя напряженность магнитного поля, создаваемого антенной, возрастает. Приведенные результаты свидетельствуют о правильности предложенного критерия.

Еще одним фактором, который следует учитывать, является уменьшение коэффициента ин-

дуктивной связи между антеннами считывателя RFID и транспондера при увеличении расстояния между ними. Это приводит к уменьшению глубины модуляции и вызывает необходимость использования дополнительного усилителя [6].

Таким образом, оптимизация дальности действия низкочастотных пассивных систем RFID достигается при выполнении следующих условий:

- выбор геометрии антенны, учитывающей расстояние до транспондера;
- фиксацию добротности входного контура в соответствии с требуемой полосой пропускания и нахождении индуктивности антенны для заданного значения напряженности магнитного поля;
- использование маломощного предварительного усилителя для выделения сигналов с малой глубиной модуляции.

1. Финкенцеллер, К. RFID-технологии. Справочное пособие. — М.: Додэка-XXI, 2010. — 496 с.
2. Дшхунян, В.П. Электронная идентификация. Бесконтактные электронные идентификаторы и смарт-карты. — М.: ООО «Издательство АСТ», 2004. — 695 с.
3. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. — М.: Высш. шк., 1986. — 263 с.
4. Standard Read/Write ID Transponder with Anti-collision TK5551. - Atmel Corporation, 2010 - Mode of access: <http://www.atmel.com>. - Date of access: Feb. 12, 2014.
5. Калантаров, П.Л., Цейтлин, Л.А. Расчет индуктивностей: Справочная книга. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. — 488 с.
6. Extended RFID Reading Distance by Using U2270B with an Additional Preamplifier. Application Note. . - Atmel Corporation, 2002 - Mode of access: <http://www.atmel.com>. - Date of access: Oct. 17, 2012.

АНАЛИЗАТОР ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Лисенков Б.Н., Грицев Н.В., Бруек А.А.

Открытое акционерное общество «МНИПИ»

Минск, Республика Беларусь

В рамках научно-технической программы «Эталонные и научные приборы», в ОАО «МНИПИ» разработан и изготовлен как единичное изделие «Анализатор вольтамперных характеристик силовых полупроводниковых приборов» для эксплуатации в ЦКП «Радиационный

центр» при ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению».

Анализатор, внешний вид которого представлен на рисунке 1, предназначен для измерения и наблюдения вольтамперных характеристик (ВАХ) силовых полупроводниковых приборов в

диапазоне напряжений от 0,05 В до 3000 В и в диапазоне токов от 0,1 нА до 100 А.



Рисунок 1 – Анализатор вольтамперных характеристик силовых полупроводниковых приборов

Анализатор содержит три измерительных канала С (коллектора или стока), В (базы или затвора), S (подложки) и канал нулевого потенциала Е (канал эмиттера или истока) и обеспечивает двухпроводное подключение объекта тестирования по основным каналам С, В, Е.

В приборе реализован режим высокого напряжения (до 3000 В при мощности испытательного сигнала до 150 ВА), в котором испытательный сигнал формируют с помощью трансформатора непосредственно из переменного напряжения сети и режим большого тока (до 100 А при мощности испытательного сигнала до 5000 ВА), в котором испытательный сигнал формируют за счет разряда конденсатора.

Анализатор работает под управлением резидентного ПО функционирующего на базе встроенного компьютера. Для работы с прибором не требуется специальных знаний в области программирования. Прибор снабжен цветным ЖК-экраном 12.1" с разрешением 1024 x 768. Внешний вид главного окна управляющей программы показан на рисунке 2.

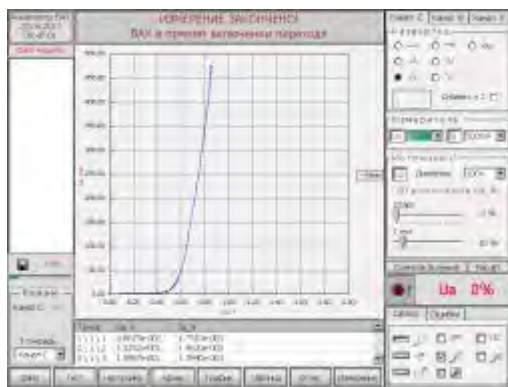


Рисунок 2 - Внешний вид окна управляющей программы

Основные функции анализатора :

Динамическое отображение графика ВАХ, при регулировке напряжения повторяющейся развертки вручную.

- Однократное измерение ВАХ по внутреннему или внешнему сигналу запуска развертки.

- Ограничение тока и напряжения на электродах объекта тестирования по заранее установленным порогам в каналах С, В, S.

- Отображение измеренных и расчетных характеристик в виде графиков и таблиц. Сохранение таблиц в электронном виде.

- Формирование отчета по результатам измерения, расчета и допускового контроля параметров с указанием признака годности.

- Наличие библиотеки стандартных тестов для измерения параметров стандартных полупроводниковых приборов.

- Возможность создания библиотеки пользовательских тестов путем задания параметров условий измерения.

- Возможность создания собственных моделей измерения по принципу: изделие, тестируемый элемент, тест.

- Создание собственного архива эталонных графиков с возможностью наложения эталонной ВАХ на измеренную характеристику.

- Измерение по маркерам, построение секущей (касательной).

- Инверсия полярности осей X и Y.

Измерение ВАХ осуществляется:

- **в режиме повторяющейся развертки** (режим характериографа), когда график ВАХ на экране прибора динамически отслеживает плавную регулировку максимального напряжения развертки, с помощью круглой рукоятки расположенной под ЖК-экраном;

- **в режиме однократной развертки**, когда ВАХ запоминается и отображается в виде графика или таблицы, в результате однократного измерения.

При запуске режима однократной развертки внешним сигналом прибор может быть использован в составе автоматизированной системы.

В канале С (коллектора) реализованы следующие виды разверток испытательного напряжения:

- полуволна синусоидального напряжения (длительность сигнала 10 мс);

- три периода синусоидального напряжения (длительность сигнала 60 мс);

- импульсы возрастающей амплитуды, причем длительность импульсов (от 50 мс до 2 мс) определяется установленным диапазоном напряжения;

- ступенчато-изменяющееся напряжение;

- регулируемое постоянное напряжение.

Интервал между сигналами в канале С для первых трех видов развертки, не менее 60 мс.

Анализатор измеряет ток в цепи коллектора, а не в цепи эмиттера исследуемого транзистора. Это позволяет измерять в наноамперном диапазоне не только токи утечки в диодном включении, но и ВАХ транзисторов в микро-режиме.

Технические характеристики:

Таблица 1 – Источник напряжения коллектора (U_c):

Диапазоны напряжения	Максимальный (пиковый) ток	Длительность импульса	$R_{внутр.}$
Режим большого тока			
0 - + 50 В	100 А	0,05÷0,2 мс	≈0,05 Ом
0 - - 50 В	100 А	0,05÷0,2 мс	≈0,05 Ом
Режим высокого напряжения			
0 - ±100 В	2 А	0,5 мс	≈4,0 Ом
0 - ±500 В	0,4 А	1 мс	60 Ом
0 - ±3000 В	0,06 А	2 мс	4800 Ом

Диапазоны измерения тока коллектора (I_c):

- от ±10 нА до ±2 А (±100 В, ±500 В, ±3000 В),
- от ±2 А до ±100 А (+50 В и -50 В), согласно ряду 1, 2, 5, 10;
- минимальный дискрет - 0,005 нА;

Диапазоны измерения напряжения (U_c):

- от ±0,5 В до ±5000 В, согласно ряду 1, 2, 5, 10;
- максимальное входное напряжение - ±3000 В;
- минимальный дискрет – 0,2 мВ;

Генератор ступеней тока (напряжения) канала базы:

- количество ступеней – от 0 до 10;
- ступени тока от 2нА/ступ до 0,5А/ступ
- ступени напряжения от 50мВ/ступ до 2В/ступ, согласно ряду 1, 2, 5, 10;
- десятикратное уменьшение ступеней (× 0,1);
- диапазон тока (напряжения) смещения - ±10·Iступ (±10·Uступ);
- макс. выходной ток - ±0,1 А, при $U_{вых} \leq 40В$;
- макс. выходной ток - ±2,5А (в импульсе - ±10 А), при $U_{вых} \leq 4В$;

УДК 621.317.799:621.3.049.77

ИЗМЕРЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСХЕМ, НАХОДЯЩИХСЯ В УДАЛЕННОЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ КАМЕРЕ

Лисенков Б.Н.¹, Чеховский В.А.², Дятлов В.Л.¹, Грицев Н.В.¹

¹ Открытое акционерное общество «МНИПИ», Минск, Республика Беларусь

² Национальный научно-учебный центр физики частиц и высоких энергий Белгосуниверситета, Минск, Республика Беларусь

При создании интегральных схем (ИС) для работы в жестких условиях эксплуатации возникает задача контроля и измерения параметров ИС, находящейся в испытательной камере под

- макс. выходное напряжение - ±40 В, при $I_{вых} \leq 0,1А$;
- $R_{вх}$ измерит. напряжения не менее 10^{10} Ом, при $I_{ступ} = 2нА/ступ$.

Диапазоны измерения тока канала базы (I_b):

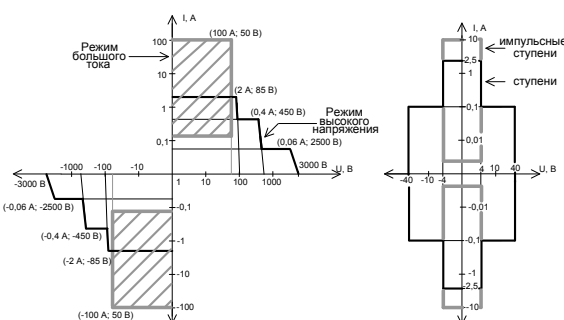
- от ± 40нА до ± 10А, согласно ряду 1, 2, 4, 10;
- минимальный дискрет – 0,02нА;

Диапазоны измерения напряжения (U_b):

- от ± 1 В до ± 40 В, согласно ряду 1, 2, 4, 10;
- минимальный дискрет – 0,5мВ;

Базовая погрешность измерения тока и напряжения составляет 1,5% ÷ 2%.

Для наглядности на рисунке 3 представлено графическое изображение диапазонов испытательного сигнала в каналах коллектора и базы.



Канал С

Канал В

Рисунок 3 - Диапазоны выходного тока и напряжения каналов С и В.

Общие характеристики:

- стандартное расположение гнезд С, С', В, В', Е, Е'.
 - Наличие USB, Ethernet.
 - Напряжение питания: 230 В / 50 Гц., мощность: 450 В·А.
 - Диапазон рабочих температур: от +10° до +35°С.
- Габариты (Ш × В × Г): 470 × 330 × 570 мм, масса: 45 кг.

действием некоторого внешнего воздействующего фактора (ВВФ).

Если в качестве ВВФ рассматривается ионизирующее излучение, то расстояние между тестируемой ИС и контрольно-измерительной ап-