

Источник развертывающего тока/ Д.Л.Данюк, Г.В.Пилько// Научное приборостроение. — 1991. — Т. 1. — N 3. — С. 132-136.

Описан источник развертывающего тока для регистрации вольт-амперных характеристик и их производных. Устройство предназначено для исследований сверхпроводниковых материалов методами туннельной спектроскопии. Источник обеспечивает регулировку амплитуды тока в интервале от 0 до ± 1.5 А, периода автоколебаний тока в пределах от 4 мс до 4000 с, выходное сопротивление на постоянном токе более 1.5 кОм, сброс тока до нуля и остановку развертки в произвольный момент времени, использование в режиме источника напряжения ± 150 мВ с выходным сопротивлением 0.1 Ом. Приведены электрическая схема источника тока и вольт-амперные характеристики пленочного туннельного контакта со структурой $\text{Sn-SnO}_x\text{-Sn}$, зарегистрированные с помощью источника развертывающего тока. Устройство может быть использовано для исследований объектов, у которых величины внутренних сопротивлений изменяются в пределах от 0 до 20 кОм, обеспечивая основную приведенную погрешность установки величины тока не более 3 %. Библ. — 5 назв. Ил. — 3.

Д.Л. Данюк, Г.В. Пилько

(Институт металлофизики АН Украины, Киев)

ИСТОЧНИК РАЗВЕРТЫВАЮЩЕГО ТОКА

Исследования электрофизических характеристик материалов и структур на их основе с использованием вольт-амперных характеристик (ВАХ) позволяет установить взаимосвязи между технологиями получения материалов и их свойствами. Источник развертывающего тока (ИРТ) предназначен для исследований сверхпроводниковых материалов при криогенных температурах методами туннельной спектроскопии [1]. ИРТ позволяет представлять аргумент исследуемой ВАХ в виде линейной функции времени и получать ее производные как модуляционными методами, так и дифференцированием по времени. ИРТ содержит три функциональных блока: источник питания, источник тока и генератор линейной развертки.

Источник питания состоит из трансформатора мощностью 60 Вт, выпрямителей, двух фильтров энергоемкостью 7.2 Дж каждый, стабилизаторов ± 23 В; 3 А с коэффициентами стабилизации по напряжению 50, стабилизаторов ± 15 В; 0.2 А с коэффициентами стабилизации по напряжению 200.

Упрощенная принципиальная электрическая схема источника тока представлена на рис. 1. Источник тока является конвертором напряжение-ток, выполненным на базе инвертирующего усилителя мощности. Цель прямой передачи конвертора содержит операционный усилитель M_2 и мощный выходной каскад, работающий в режиме класса В. Каждое плечо выходного кас-

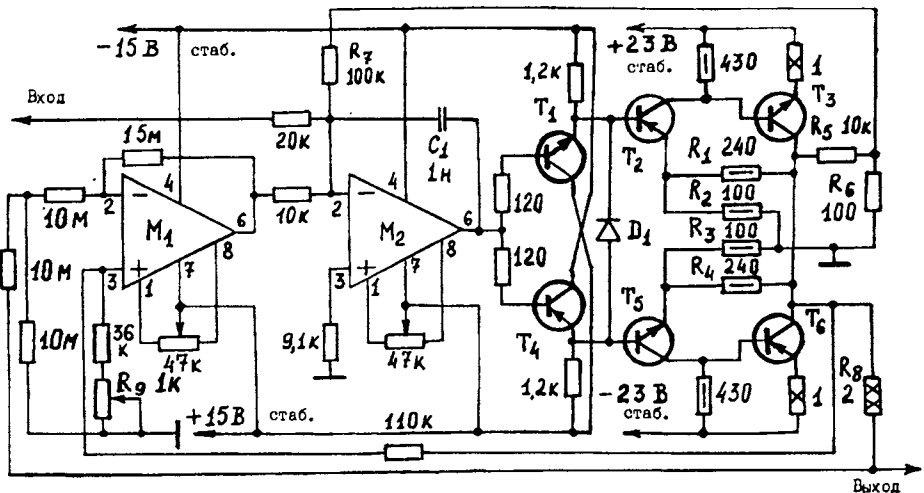


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема источника тока: M_1 - 544УД1А; M_2 - 140УД6; T_1 - КТ503Д; T_2 - КТ814В; T_3 - КТ819В; T_4 - КТ502Д; T_5 - КТ815В; T_6 - КТ818В; D_1 - ДЗ11

када содержит эмиттерный повторитель T_1 , T_4 и усилитель-"двойку" (T_2 и T_5 , T_3 и T_6), охваченный общей обратной связью по напряжению (R_1 и R_2 , R_3 и R_4) и местными обратными связями по току, которые осуществляются балластными резисторами в цепях эмиттеров $T_2 - T_5$. Величины местных обратных связей выбраны по критериям [2]. Коэффициент усиления по напряжению каждого плеча выходного каскада 3,4. Диод D_1 осуществляет форсирование токов баз T_2 и T_5 при запираии T_1 или T_4 . Термостабилизация выходного каскада достигается местными обратными связями и тепловыми контактами между T_1 и T_2 , T_4 и T_5 . Источник тока охвачен петлями отрицательных обратных связей: общей (R_2 , M_1) - по току, и местной ($R_5 - R_7$) - по напряжению. Протекающий в нагрузку ток преобразуется в напряжение обратной связи резистором R_8 . Величина R_8 выбирается переключателем, который устанавливает диапазон изменения выходного тока. С R_8 напряжение обратной связи передается через дифференциальный усилитель M_1 в суммирующую точку операционного усилителя M_2 . Входы M_1 защищены резистивными делителями от превышения входным синфазным напряжением максимально допустимой величины. Делитель, присоединенный к инвертирующему входу M_1 , создает цепь протекания тока через R_8 при разомкнутом выходе источника тока. Это обеспечивает фиксацию нулевого потенциала на его выходе при соединении входа с сигнальной общей шиной схемы. Такое же назначение имеет местная обратная связь по напряжению ($R_5 - R_7$), которая может быть отключена после присоединения нагрузки при необходимости увеличения выходного сопротивления источника тока. Приведенная погрешность преобразования источника тока имеет три основных компонента. Аддитивный компонент определяется точностями R_8 и коэффициентов передачи M_1 , M_2 и составляет не более 0.2 %. Второй, мультипликативный, компонент определяется точностью балансировки синфазной составляющей (R_9), его величина не более 0.1 %. Третий, мультипликативный, компонент создается током делителя на входе M_1 . Максимальная величина этого тока менее 1.27 мкА, а вносимая им погрешность не более 0.14 % при сопротивлениях нагрузок, меньших 20 кОм. Приведенная погрешность преобразования напряжение-ток не более 0.45 %. Главный полюс передаточной характеристики источника тока формируется интегрирующим конденсатором C_1 . Максимальная амплитуда выброса на переходной характеристике не более 5 %.

Управление источником тока осуществляется генератором линейной развертки, который представляет собой формирователь двухполярных и однополярных напряжений треугольной формы [3]. Генератор содержит интегратор, инвертор и коммутируемый источник опорного напряжения, охваченные двумя петлями общих обратных связей [3]. Органы управления генератора расположены на передней панели источника развертывающего тока (рис. 2). Они обеспечивают регулировки параметров управляющего напряжения: сброс до нуля и остановку его изменения в любой произвольный момент времени, задание амплитуды с помощью потенциометра, задание периода колебаний.

Источник развертывающего тока обеспечивает установку произвольной величины амплитуды тока в пределах пяти диапазонов: 0 - \pm (1 мА; 5 мА; 50 мА; 0.5 А; 1.5 А), регулировку периода в четырех диапазонах (4 - 400) мс \times (1; 10; 10^4 ; 10^5), индикацию величины тока стрелочным прибором класса точности 2.5. Общая приведенная погрешность установки выходного тока источника по стрелочному прибору не более 3 % для сопротивления нагрузок, меньших 20 кОм. Прибор может использоваться в трех режимах: источник тока короткого замыкания выхода, источника напряжения 0 \div \pm 150 мВ с вы-

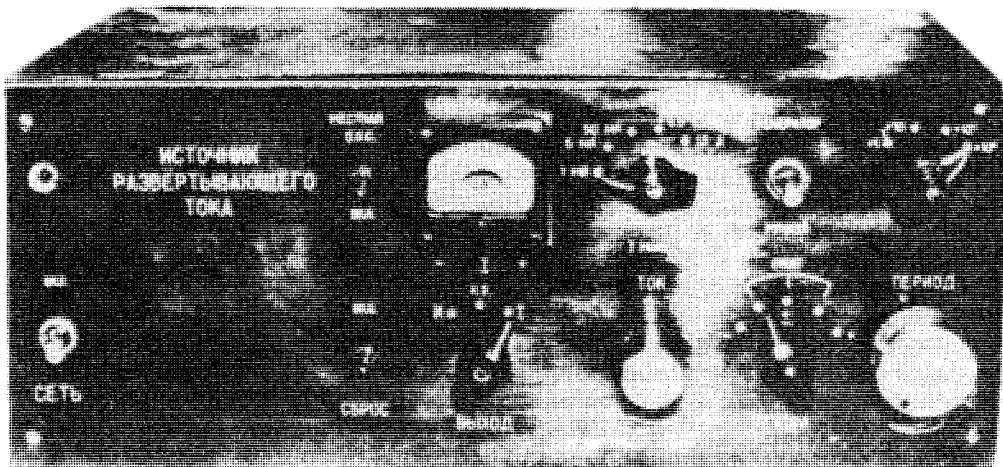


Рис. 2. Внешний вид источника развертывающего тока

ходным сопротивлением 0.1 Ом. В режиме источника тока выходное сопротивление не менее 1.5 кОм и более 150 кОм при размыкании местной обратной связи по напряжению ($R_5 - R_7$). Для создания источника напряжения с выходным сопротивлением произвольной величины можно использовать внешние шунты (рис. 3, в).

Рис. 3 демонстрирует применение источника развертывающего тока для регистрации вольт-амперной характеристики с помощью двухкоординатного самописца ПДП-4. Исследовалась тестовая структура Sn - SnO_x - Sn, полученная термическим осаждением в вакууме. Вольт-амперная характеристика регистрировалась для температур 2.1, 2.35, 2.55 К. Размеры туннельного контакта: площадь (10x10) мкм², толщина пленки, прилегающей к подложке, 300-400 нм, толщина окисного барьера 1 - 3 нм, толщина контактной пленки 100 - 200 нм. Материал подложки - ситалл. Ток подводился к пленкам через медные прижимные контакты с индиевым покрытием. Рис. 3, а представляет тестовую структуру и схему подключения ее к источнику развертывающего тока для регистрации вольт-амперной характеристики источника тока. Вольт-амперные характеристики 1 на рис. 3, б и 1, 2, 3 на рис. 3, в регистрировались в условиях электромагнитной обстановки лаборатории. Точки перегиба вертикальных участков всех вольт-амперных характеристик удовлетворительно совпадают с удвоенной величиной энергии, равной ширине щели в энергетическом спектре возбуждений для олова. Вольт-амперная характеристика 2 на рис. 3, б регистрировалась в магнитном поле напряженностью 100 Э, направленном параллельно плоскости пленок. Она представляет ветвь квазичастичного туннелирования с хорошо наблюдаемой особенностью соответствующей энергетической щели олова. Наличие гистерезиса на вольт-амперной характеристике указывает на существование участков с отрицательной проводимостью, которые не регистрируются при подаче смещения от источника тока. Рис. 3, в представляет схему включения

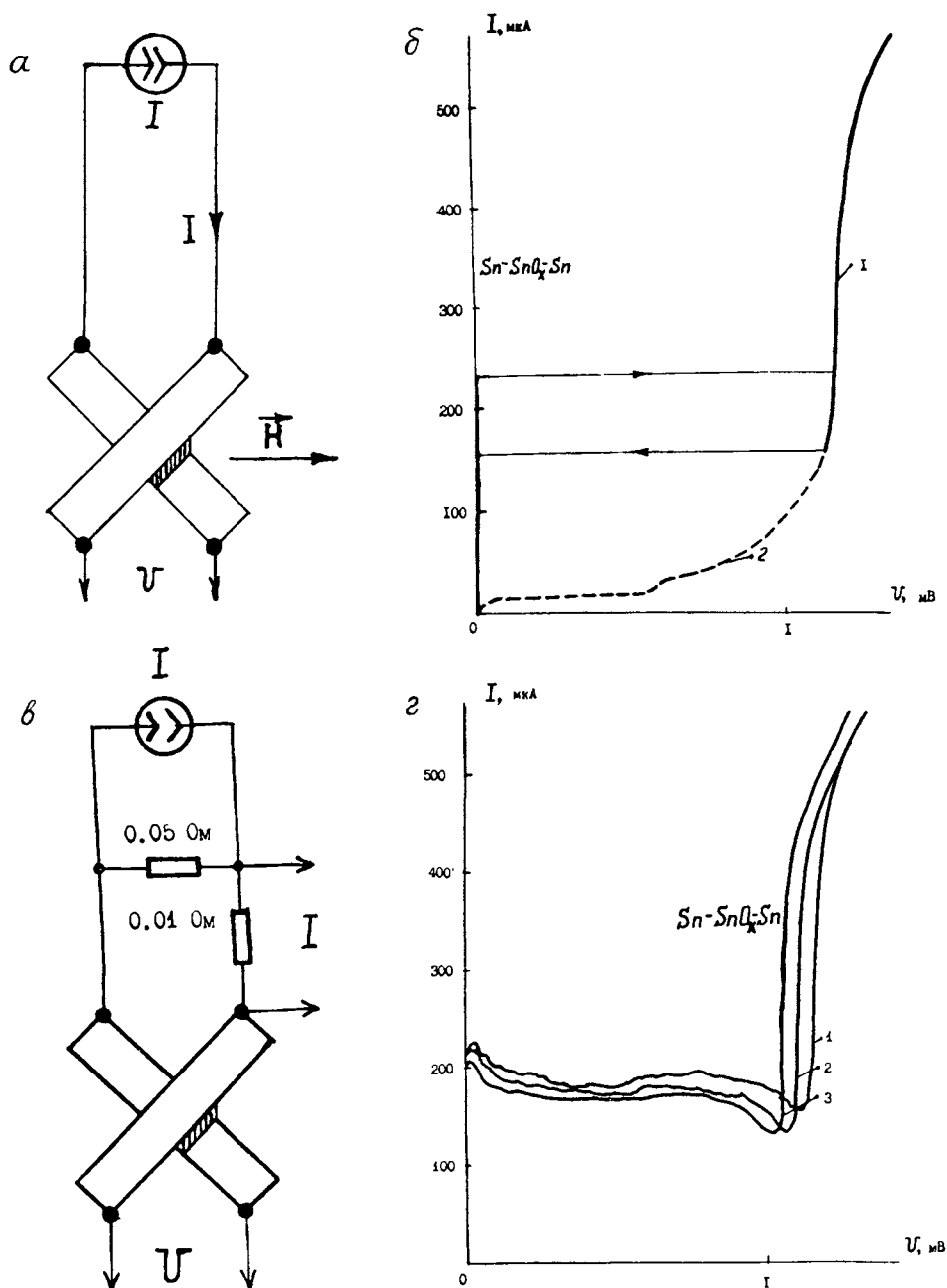


Рис. 3. Схемы смещения туннельного перехода от источника тока (а) и напряжения (б) и их вольт-амперные характеристики: б - при смещении током (1 - 2.1 К, $H = 0$; 2 - 2.1 К, $H = 100 \text{ Э}$); г - при смещении напряжением (1 - 2.1 К, 2 - 2.35 К, 3 - 2.55 К)

тестовой структуры для регистрации участков вольт-амперной характеристики с отрицательной проводимостью при подаче смещения от источника напряжения с внутренним сопротивлением 0.06 Ом, который получен с помощью шунта, подключенного к выходу источника развертывающего тока. Вольт-амперные характеристики на рис. 3, б, г показывают, что источник развертывающего тока обеспечивал работу с дифференциальными сопротивлениями порядка десятков килоом в режиме источника тока и с отрицательными сопротивлениями, большими по величине десятых долей ома в режиме источника напряжения.

Источник развертывающего тока использовался также при исследовании свойств металлокерамических высокотемпературных сверхпроводников. Производная вольт-амперная характеристика туннельного контакта ($Y - Ba_2 - Cu_3 - O_{7-x}$) - In, полученная модуляционным методом, приведена в работе [4]. Источник развертывающего тока может быть также использован в составе спектрометров для исследований диэлектрических слоев методом неупругой туннельной спектроскопии и в микроконтактной спектроскопии, если сопротивления исследуемых объектов имеют величины в пределах 0-20 кОм [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Туннельные явления в твердых телах* / Под ред. Э. Бурштейна, С.Лундквиста. - М.: - Мир, 1973. - С. 244-259.
2. *Пилько Г.В.* Местные обратные связи по току в многокаскадных усилителях с общей обратной связью. ВИНТИ. Депанированная статья, N 6284-B86.
3. *Данюк Д.Л., Пилько Г.В.* // ПТЭ. - 1990. - N 1. - С. 115, 116.
4. *Руденко Э.М., Богуславский Ю.М. и др.* Материалы рабочего совещания по проблеме высокотемпературной сверхпроводимости. Препринт N 13, ИМФ АН УССР. Киев. - 1988.- С. 58.
5. *Янсон М.К., Хоткевич А.В.* Атлас микроконтактных спектров электрон-фононного взаимодействия в металлах. Справочник. - Киев: Наукова думка, 1986. - С. 42.

Рукопись поступила 12.03.91