



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

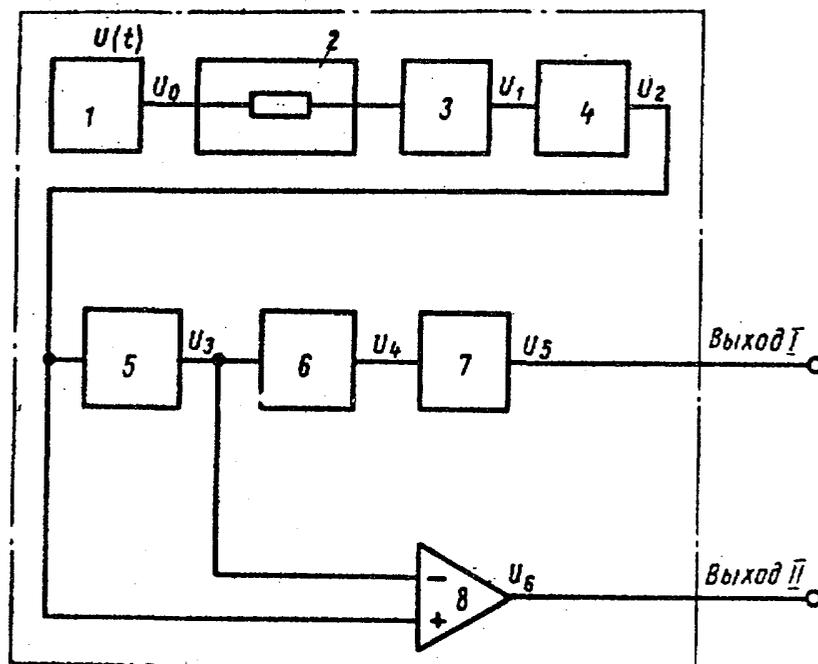
(61) 1310744
(21) 4147155/24-21
(22) 14.11.86
(46) 30.07.88. Вул. № 28
(71) Белорусский политехнический институт
(72) О.С. Васьков, Д.С. Доманевский и Ю.В. Зинкевич
(53) 621.317.3(088.8)
(56) Патент США № 4426616, кл. G 01 R 27/00, 1974.

Авторское свидетельство СССР
№ 1310744, кл. G 01 R 27/00, 1985.

(54) ИЗМЕРИТЕЛЬ КОМПЛЕКСНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

(57) Изобретение может быть использо-

вано, в частности, для измерения электрофизических параметров полупроводниковых материалов. Измеритель комплексного сопротивления содержит дифференциальный усилитель 8, выпрямители 4, 6, блок 5 выделения переменной направляющей, преобразователь 3 ток - напряжение, фильтр 7 и источник 1 периодических сигналов, выполненный в виде генератора напряжения прямоугольной формы в случае индуктивного характера реактивной составляющей комплексного сопротивления. Измеритель имеет расширенные функциональные возможности. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к электроизмерительной технике и может быть использовано для измерения активной и реактивной составляющих комплексного сопротивления, в частности для измерения электрофизических параметров полупроводниковых материалов.

Цель изобретения - расширение функциональных возможностей измерителя путем обеспечения возможности измерения реактивной составляющей комплексного сопротивления.

На фиг. 1 представлена функциональная схема предлагаемого измерителя; на фиг. 2 и 3 - временные диаграммы, поясняющие его работу.

Измеритель комплексного сопротивления содержит последовательно соединенные источник 1 периодических сигналов, измеряемый объект 2 в виде комплексного сопротивления, схема которого представляет собой параллельно соединенные сопротивление и емкость C (α) или сопротивление и индуктивность (δ), преобразователь 3 ток - напряжение первый выпрямитель 4, блок 5 выделения переменной составляющей, второй выпрямитель 4, блок 5 выделения переменной составляющей, второй выпрямитель 6 и фильтр 7, а также дифференциальный усилитель 8, инвертирующий вход которого соединен с выходом первого выпрямителя, а инвертирующий вход - с выходом схемы выделения переменной составляющей, выход дифференциального усилителя соединен с выходом II устройства, а выход фильтра - с выходом I.

Возможны два варианта работы устройства.

Вариант α . Измеряемый объект 2 представляет собой параллельно соединенные сопротивление R и емкость C .

Сигнал треугольной формы U_0 амплитудой A и периодом T (фиг. 2.1)

$$U_0 = \begin{cases} \alpha(t - T/4), & 0 \leq t \leq T/2, \\ -\alpha(t - 3T/4), & T/2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (1)$$

где $\alpha = \frac{4A}{T}$,

функция $U_0(t)$ - кусочно-гладкая, непрерывная и продолжается на всю временную ось с периодом T , сигнал U_0 поступает от источника 1 периодических сигналов на вход преобразователя 3 ток - напряжение через измеряемый объект 2.

Полный ток преобразователя, представляющего собой усилитель с резистором R_0 в цепи обратной связи и инвертор, равен сумме активной $\frac{U_0}{R}$ и реактивной $C \frac{dU_0}{dt}$ составляющих.

На выходе преобразователя будет изменяющийся с периодом T сигнал U_1 (фиг. 2.2):

$$U_1 = \begin{cases} \frac{\alpha R_0}{R}(t - T/4) + \alpha R_0 C, & 0 \leq t \leq T/2 \\ -\frac{R \alpha R_0}{R}(t - 3T/4) - \alpha R_0 C, & T/2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (2)$$

Первый выпрямитель 4, выполненный по двухполупериодной схеме, формирует сигнал U_2 (фиг. 2.3) с периодом $T/2$. Величина этого сигнала определяется модулем U_1 при условии, что величина амплитудного значения $I_C \geq I_R$, которое выполняется при $RC \leq T/4$:

$$U_2 = |U_1| = \frac{\alpha R_0}{R} (t - T/4) + \alpha R_0 C, \quad 0 \leq t \leq \frac{T}{2}, \quad (3)$$

где $\alpha R_0 C$ - величина постоянная, не зависящая от t .

На выходе блока 5 выделения переменной составляющей, который может быть выполнен, например, в виде конденсатора, не передающего постоянную составляющую входного сигнала, будет сигнал U_3 (фиг. 2.4):

$$U_3 = \alpha \frac{R_0}{R} (t - T/4), \quad 0 \leq t \leq T/2, \quad (4)$$

Функция $U_3(t)$ - кусочно-гладкая, непрерывная и продолжается периодически с периодом $T/2$. Значение U_3 пропорционально измеряемому сопротивлению и не зависит от емкости. Это напряжение подается на второй выпрямитель 6, на выходе которого будет сигнал U_4 (фиг. 2.5.), повторяющийся с периодом $T/2$:

$$U_4 = |U_3| = \begin{cases} -\frac{\alpha R_0}{R}(t - T/4) & 0 \leq t \leq T/4 \\ \frac{\alpha R_0}{R}(t - T/4) & T/4 \leq t \leq T/2 \end{cases} \quad (5)$$

С помощью последовательно включенного фильтра 7 нижних частот формируется среднее значение этого напряжения $U_5 = \bar{U}_4$ (фиг. 2.6.):

$$U_5 = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} U_4(t) dt = \frac{2}{T} \int_0^{T/4} -\frac{\alpha R_0}{R}(t - T/4) dt +$$

$$+ \frac{2}{T} \int_0^{T/2} \frac{\alpha R_0}{R} (t - T/4) dt$$

На выходе I устройства, который является выходом фильтра:

$$U_5 = \frac{\alpha TR_0}{8R} = \frac{AR_0}{2R}. \quad (6)$$

Это напряжение, пропорциональное измеряемому сопротивлению, - величина постоянная и может быть измерено вольтметром постоянного тока.

Для измерения емкостной составляющей на неинвертирующий вход дифференциального усилителя 8 подается сигнал U_2 с выхода первого выпрямителя, а на инвертирующий вход - сигнал U_3 с выхода блока выделения переменной составляющей. На выходе дифференциального усилителя, являющимся выходом II устройства, будет сигнал

$$U_6 = m(U_2 - U_3), \quad (7)$$

где m - дифференциальный коэффициент усиления.

На выходе II с учетом (1) и (7) будет постоянное напряжение $U_6 = m \alpha R_0 C = \frac{4Am}{T} R_0 C$, пропорциональное измеряемой емкости, которое может быть измерено любым вольтметром постоянного тока.

Вариант δ . Измеряемый объект 2 представляет собой параллельно соединенные индуктивность L и сопротивление R .

Сигнал прямоугольной формы U_0 амплитудой A и периодом T (фиг. 3.1.)

$$U_0 = \begin{cases} A; & 0 \leq t < T/2 \\ -A, & T/2 \leq t < T \end{cases} \quad (8)$$

поступает от источника 1 периодических сигналов на вход преобразователя 3 через измеряемый объект 2.

Сигнал на выходе преобразователя U_1 (фиг. 3.2.) представляет собой сумму активной и реактивной составляющих:

$$U_1 = \frac{R_0}{L} \int U_0(t) dt + \frac{R_0}{R} U_0(t) = \begin{cases} \frac{R_0}{L} A(t-T/4) + \frac{R_0}{R} A; & 0 \leq t \leq T/2 \\ -\frac{R_0}{L} A(t-3T/4) - \frac{R_0}{R} A; & T/2 \leq t < T \end{cases} \quad (9)$$

5

Первый выпрямитель 4, выполненный по двухполупериодной схеме, формирует сигнал U_2 (фиг. 3.3) с периодом $T/2$. Величина этого сигнала определяется модулем U_1 при условии, что величина амплитудного значения $U_2 \geq U_R$, которое выполняется при $RC \leq T/4$:

$$U_2 = |U_1| = \frac{R_0}{L} A(t-T/4) + \frac{R_0}{R} A, \quad 0 \leq t \leq T/2. \quad (10)$$

15

На выходе блока 5 выделения переменной составляющей будет сигнал U_3 (фиг. 3.4.):

$$U_3 = \frac{R_0 A}{L} (t - \frac{T}{4}), \quad 0 \leq t \leq \frac{T}{2}. \quad (11)$$

20

Функция U_3 - кусочно-гладкая, непрерывная и продолжается периодически с периодом $T/2$.

25

Значение U_3 пропорционально изменяемому значению индуктивности и от сопротивления на зависит.

Это напряжение подается на второй выпрямитель 6, на выходе которого будет сигнал U_4 (фиг. 3.5), повторяющийся с периодом $T/2$:

30

$$U_4 = |U_3| = \begin{cases} \frac{R_0}{L} A(t-T/4), & 0 \leq t \leq T/4 \\ \frac{R_0}{L} A(t-T/4), & T/4 \leq t \leq T/2 \end{cases} \quad (12)$$

35

Сигнал U_5 на выходе фильтра 7 ниже частот равен среднему значению U_4 (фиг. 3.6):

40

$$U_5 = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} U_4(t) dt = \frac{2}{T} \int_0^{T/4} \frac{R_0}{L} A(t-T/4) dt + \frac{2}{T} \int_{T/4}^{T/2} \frac{R_0}{L} A(t-T/4) dt. \quad (13)$$

45

На выходе I устройства, являющимся выходом фильтра, будет сигнал

$$U_5 = AR_0 T/8 \alpha$$

50

На выходе II, который является выходом дифференциального усилителя 8, будет сигнал U_6 (фиг. 3.7), пропорциональный измеряемому сопротивлению

$$U_6 = m(U_2 - U_3) = m A \frac{R_0}{R} \quad (14)$$

55

который также может быть измерен любым вольтметром постоянного тока.

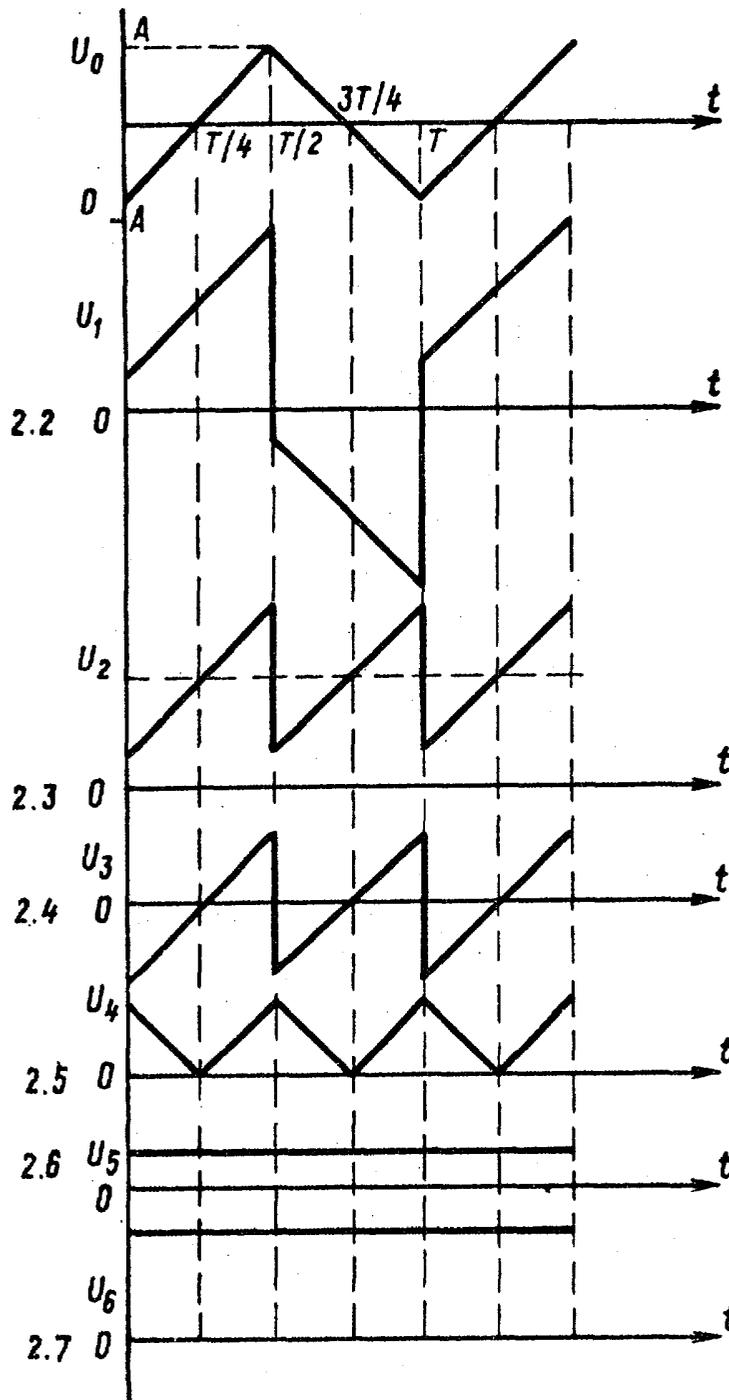
Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Измеритель комплексного сопротивления по авт.св. № 1310744, от -

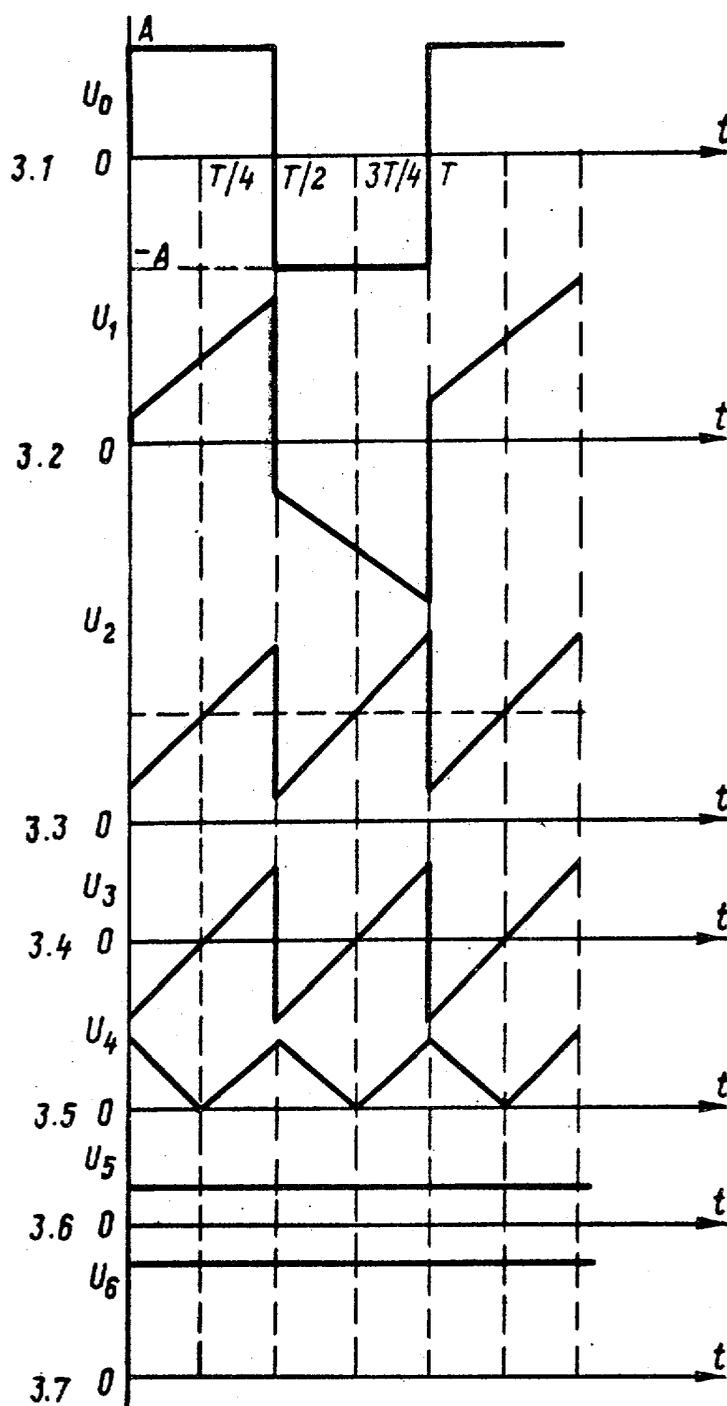
личающийся тем, что, с целью расширения функциональных возможностей путем обеспечения возможности измерения реактивной составляющей комплексного сопротивления, в него введен дифференциальный усилитель, неинвертирующий вход которого соединен с выходом первого выпрямителя, инвертирующий вход соединен с выходом блока выделения переменной

составляющей, а выход дифференциального усилителя соединен с выходной клеммой измерителя.

5 2. Измеритель по п.1, отличающийся тем, что в случае индуктивного характера реактивной составляющей комплексного сопротивления источник периодического сигнала выполнен в виде генератора напряжения прямоугольной формы.



Фиг. 2



Фиг. 3

Редактор Ю. Петрушко

Составитель И. Козлов
Техред А. Кравчук

Корректор Н. Король

Заказ 4451

Тираж 772

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4