СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1064247 A

3(51) G 01 R 31/26

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО 13 15 Библиотека

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

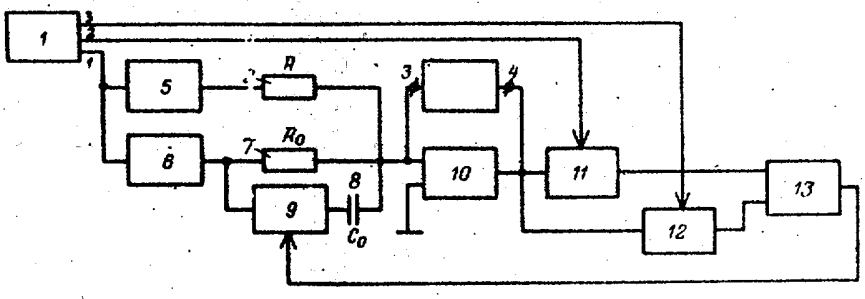
(21) 3476249/18-21
(22) 26.07.82
(46) 30.12.83. Бюл. № 48
(72) Е.Д. Абросимов, Н.И. Лукичева, А.И. Мартяшин, А.В. Светлов, Н.Н. Соловьев и Б.В. Цыпин
(71) Пензенский политехнический институт и Государственный ордена Октябрьской Революции научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности
(53) 621.382.2(088.8)

(56) 1. Авторское свидетельство СССР № 748250, кл. G 01 R 31/26, 1977.

2. Иглицын М.И., Концевой Ю.А. и др. Об измерении времени жизни носителей заряда в полупроводниках.- ЖТФ, т. XXУ11, вып. 7, 1957, с. 1414-1424.

(54)(57) УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ НЕОСНОВНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДОВ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ, содержащее генератор импульсов, резистор и клеммы для подключения исследуемой структуры, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью повышения точности контроля, оно снабжено блоком формирования инжектирующих импульсов, блоком формирования опорного напряжения, вторым резистором, конденсатором, масштабирующим преобразователем, операционным усилителем, двумя блоками выборки и хранения и блоком сравнения, при этом первый выход генератора импульсов соединен с входом блока формирования инжектирующих импульсов и входом блока формирования опорного напряжения, выход которого соединен с первой клеммой для подключения исследуемой структуры через второй резистор и с первым входом операционного усилителя, второй вход которого соединен с общей шиной, а выход - с второй клеммой для подключения исследуемой структуры и первыми входами блоков выборки и хранения, вторые входы которых соединены соответственно с вторым и третьим выходами генератора импульсов, а выходы - с соответствующими входами блока сравнения, выход которого соединен с первым входом масштабирующего преобразователя, второй вход которого соединен с выходом блока формирования опорного напряжения, а выход через конденсатор - с первым входом операционного усилителя, соединенным через первый резистор с выходом блока формирования инжектирующих импульсов.

(19) SU (11) 1064247 A



Фиг. 1

Изобретение относится к контрольно-измерительной технике и может быть использовано для измерения и контроля параметров полупроводниковых материалов, а именно измерения времени жизни неосновных носителей зарядов (н.н.з.) в полупроводниках в нестационарном режиме.

Известно устройство для измерения времени жизни н.н.з. в полупроводниках, содержащее генератор тока, генератор переключающих импульсов, подключенный к клемме для подключения анода испытуемой полупроводниковой структуры, токосъемный элемент, вход которого подключен к клемме для подключения катода испытуемой структуры, а выход - к последовательно соединенным усилителю и блоку регистрации, и электронный ключ, вход которого соединен с генератором тока, выход - с анодом испытуемой полупроводниковой структуры, а управляющий вход - с усилителем [1].

Недостатком данного устройства является необходимость измерения времени жизни н.н.з. в полупроводниковых p-n-структурах, что требует специального технологического оборудования для создания p-n-структур. Метод практически непригоден для промышленного контроля качества полупроводниковых кристаллов, слитков. Точность определения времени жизни н.н.з. в устройстве низка, поскольку в качестве отсчетного устройства используется осциллограф.

Наиболее близким техническим решением к предлагаемому является устройство, содержащее генератор импульсов, резистор, клеммы для подключения исследуемой полупроводниковой структуры и осциллограф [2].

Однако известное устройство характеризуется низкой точностью контроля времени жизни н.н.з., что обусловлено необходимостью визуального определения изменения амплитуды тестового импульса при различных значениях времени задержки.

Цель изобретения - повышение точности контроля.

Поставленная цель достигается тем, что в устройство контроля времени жизни неосновных носителей зарядов в полупроводниках, содержащее генератор импульсов, резистор и клеммы для подключения исследуемой структуры, дополнительно введены блок формирования инжектирующих импульсов, блок формирования опорного напряжения, второй резистор, конденсатор, масштабирующий преобразователь, операционный усилитель, два блока выборки и хранения и блок сравнения, при этом первый выход генератора импульсов соединен с входом блока формирования инжектирующих импульсов и входом блока формирования опорного напряжения, выход которого соединен с первой клеммой для подключения исследуемой структуры через второй резистор и с первым входом операционного усилителя, второй вход которого соединен с общей шиной, а выход - с второй клеммой для подключения исследуемой структуры и первыми входами блоков выборки и хранения, вторые входы которых соединены соответственно с вторым и третьим выходами генератора импульсов, а выходы - с соответствующими входами блока сравнения, выход которого соединен с первым входом масштабирующего преобразователя, второй вход которого соединен с выходом блока формирования опорного напряжения, а выход через конденсатор - с первым входом операционного усилителя, соединенным через первый резистор с выходом блока формирования инжектирующих импульсов.

На фиг.1 приведена функциональная схема устройства; на фиг.2 - полные временные диаграммы его работы.

Устройство содержит генератор 1 импульсов, резистор 2, клеммы 3 и 4 для подключения исследуемой структуры, блок 5 формирования инжектирующих импульсов, блок 6 формирования опорного напряжения, второй резистор 7, конденсатор 8, масштабирующий преобразователь 9, операционный усилитель 10, два блока 11 и 12 выборки и хранения и блок 13 сравнения, при этом первый выход генератора 1 импульсов соединен с входом блока 5 формирования инжектирующих импульсов и входом блока 6 формирования опорного напряжения, выход которого соединен с первой клеммой 3 для подключения исследуемой структуры через второй резистор 7 и с первым входом операционного усилителя 10, второй вход которого соединен с общей шиной, а выход - с второй клеммой 4 для подключения исследуемой структуры и первыми входами блоков 11 и 12 выборки и хранения, вторые входы которых соединены соответственно с вторым и третьим выходами генератора 1 импульсов, а выходы - с соответствующими входами блока 13 сравнения, выход которого соединен с первым входом масштабирующего преобразователя 9, второй вход которого соединен с выходом блока 6 формирования опорного напряжения, а выход через конденсатор 8 - с первым входом операционного усилителя 10, соединенным через первый резистор 2 с

выходом блока 5 формирования инжектирующих импульсов.

Устройство работает следующим образом.

К клеммам 3 и 4 подключают исследуемую полупроводниковую структуру.

Генератор 1 импульсов вырабатывает последовательность импульсов (фиг. 2а), синхронизирующую работу блока 5 формирования инжектирующих импульсов и блока 6 формирования опорного напряжения и управляющую работой первого и второго блоков 11 и 12 выборки и хранения (фиг.2б).

Блок 5 формирования инжектирующих импульсов через первый резистор 2 сопротивлением R подает на вход операционного усилителя 10 инжектирующие импульсы, полярность которых выбирается в зависимости от типа проводимости исследуемой полупроводниковой структуры (для полупроводника n -типа - импульсы положительной полярности, p-типа - отрицательной). Во время действия инжектирующих импульсов выходное напряжение блока 6 формирования опорного напряжения (фиг. 2д) равно нулю. В исследуемой полупроводниковой структуре, включенной в цепь отрицательной обратной связи операционного усилителя 10, задается необходимый ток инжекции, значение которого в течение действия инжектирующего импульса остается неизменным независимо от уменьшения сопротивления структуры, вызванного инжекцией носителей зарядов. После окончания действия инжектирующего импульса происходит рекомбинация н.н.з., приводящая к увеличению сопротивления полупроводника. Увеличение сопротивления структуры в процессе рекомбинации происходит в первом приближении по экспоненциальному закону. Сопротивление полупроводниковой структуры

$$R_{стр}(t)=R_1+R_2(t),$$

где R_1 – неизменяющаяся во времени часть сопротивления (сопротивление толщи образца, контактное переходное сопротивление);

$R_2(t)$ – изменяющаяся по экспоненциальному закону с постоянной времени $\hat{\tau}$ часть сопротивления структуры.

Постоянная времени $\hat{\tau}$ переходного процесса в измерительной цепи (процесса рекомбинации) характеризует время жизни н.н.з. в полупроводнике.

Сопротивление полупроводниковой структуры в операторной форме имеет вид

$$R_{стр}(p)=R_1+\frac{R_2}{\hat{\tau}}\cdot\frac{1}{p+\frac{1}{\hat{\tau}}}.$$

После окончания действия инжектирующего импульса блок 6 формирования опорного напряжения через второй резистор 7 сопротивлением R_0 подает на вход операционного усилителя 10 опорное напряжение U_0, а через масштабирующий преобразователь 9 с коэффициентом передачи K и конденсатор 8 емкостью C_0 – напряжение KU_0. В результате суммирования этих напряжений изображение по Лапласу выходного напряжения операционного усилителя 10 имеет вид (фиг. 2е)

$$U_{ОУ}(P)=\frac{U_0R_1}{R_0}\cdot\frac{1}{P}+\frac{U_0R_2}{R_0\hat{\tau}}\cdot\frac{1}{P\left(P+\frac{1}{\hat{\tau}}\right)}+\frac{U_0K}{P}PC_0R_1+$$

$$+\frac{U_0K}{P}PC_0\frac{R_2}{\hat{\tau}\left(P+\frac{1}{\hat{\tau}}\right)}=\frac{U_0R_1}{R_0}\cdot\frac{1}{P}+\frac{U_0R_2}{R_0\hat{\tau}}+$$

$$\times\frac{1}{P\left(P+\frac{1}{\hat{\tau}}\right)}+KU_0C_0R_1+\frac{KU_0C_0R_2}{\hat{\tau}}\cdot\frac{1}{P+\frac{1}{\hat{\tau}}}.$$

Переходя к оригиналам, получаем

$$U_{ОУ}(t)=\frac{U_0R_1}{R_0}+\frac{U_0R_2}{R_0}\left(1-e^{-\frac{t}{\hat{\tau}}}\right)+KU_0C_0R_1\delta(t)+\frac{KU_0C_0R_2}{\hat{\tau}}e^{-\frac{t}{\hat{\tau}}}=$$

$$=\frac{U_0(R_1+R_2)}{R_0}+KU_0C_0R_1\delta(t)+U_0e^{-\frac{t}{\hat{\tau}}}\left(\frac{KC_0R_2}{\hat{\tau}}-\frac{R_2}{R_0}\right).$$

Первый и второй блоки 11 и 12 выборки и хранения, управляемые импульсами с второго и третьего выходов генератора 1 импульсов (фиг.2 б, в), осуществляют измерение и запоминание мгновенных значений выходного напряжений операционного усилителя 10 в разные моменты времени на определенных этапах рекомбинационного процесса. Блок 13 сравнения осуществляет сравнение выходных напряжений блоков 11 и 12 выборки и хранения (фиг. 2 ж,з). В случае неравенства этих напряжений выходной сигнал блока 13 сравнения (фиг. 2 и), поступающий на управляющий вход масштабирующего преобразователя 9, изменяет коэффициент передачи K до тех пор, пока не сравняются выходные напряжения блоков 11 и 12 выборки и хранения, т.е. пока не будет скомпенсирована изменяющаяся по экспоненциальному закону (фиг. 2г) часть выходного напряжения операционного усилителя 10. Это происходит при

$$\frac{KC_0R_2}{\hat{\tau}}-\frac{R_2}{R_0}=0;\ K=\frac{\hat{\tau}}{R_0C_0}.$$

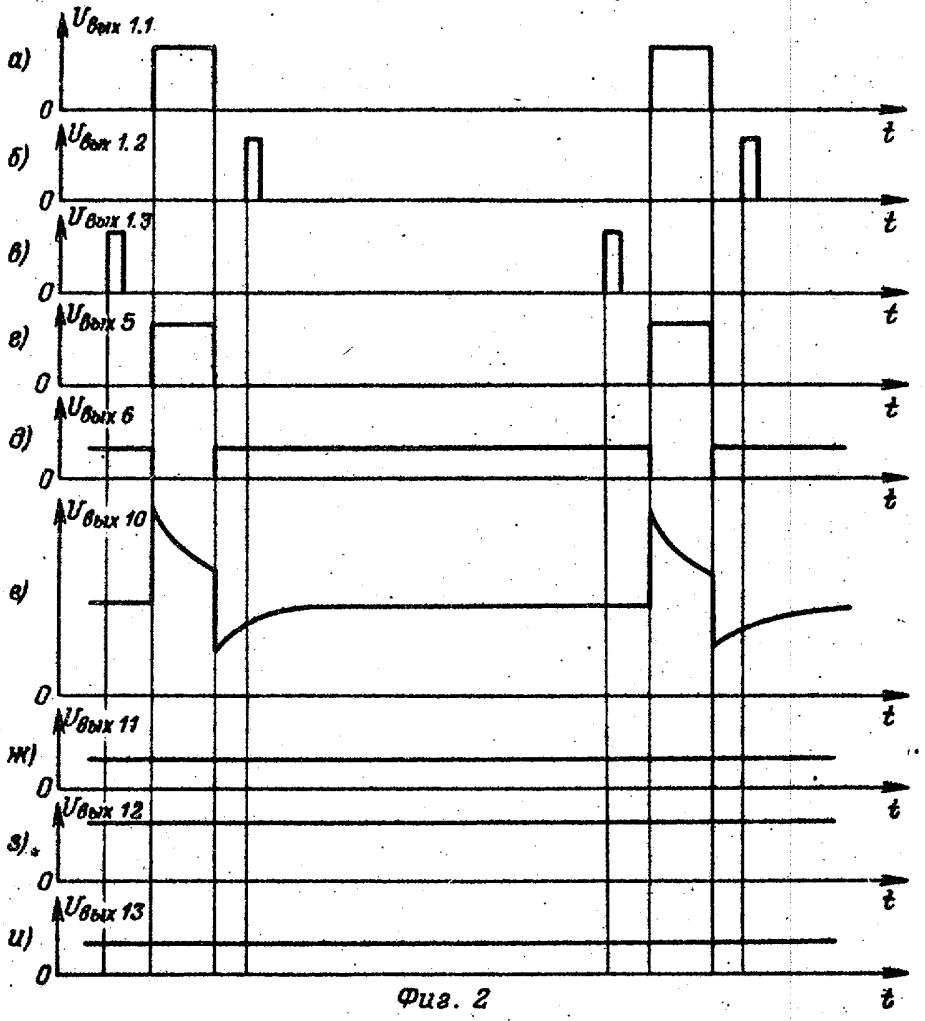
Измеряя любым известным способом амплитуду выходного напряжения масштабирующего преобразователя 9

$$U_{МП}(t)=KU_0=\frac{U_0}{R_0C_0}\cdot\hat{\tau},$$

можно судить о значении τ, т.е. времени жизни н.н.з. в полупроводниках.

При наличии нескомпенсированной изменяющейся по экспоненциальному закону составляющей выходного напряжения операционного усилителя 10 выходные напряжения первого и второго блоков 11 и 12 выборки и хранения не равны между собой и напряжение на выходе блока 13 сравнения отлично от нуля. Выходное напряжение блока 13 сравнения, воздействуя на масштабирующий преобразователь 9, изменяет его коэффициент передачи до тех пор, пока не будет скомпенсирована изменяющаяся по экспоненциальному закону составляющая выходного напряжения операционного усилителя 10.

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет автоматизировать операцию контроля времени жизни н.н.з. и тем самым существенно повысить производительность труда при выполнении этой операции. При этом также повышается достоверность контроля в результате устранения ошибок субъективного характера, допускаемых оператором при осциллографических измерениях.



Фиг. 2

Составитель Т. Иванова
Редактор А. Огар Техред А. Бабинец Корректор О. Билак

Заказ 10527/48 Тираж 710 Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП ''Патент'', г. Ужгород, ул. Проектная, 4