

УДК 681.142.4: 621.382.2.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ПЕРЕКЛЮЧАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА

С.И. Коняев, Н.Ф. Сычев

В работе [1] описан тонкопленочный переключающий элемент на основе $Me-Se-Me$, имеющий S-образную вольт-амперную характеристику (рис. 1). Предполагаемый механизм образования отрицательного участка на характеристике элемента связан с обратимым пробоем диэлектрика и с последующим обогащением участка пробоя ионами металла одного из электродов. Элемент имеет существенный разброс по всем основным электрическим параметрам [1], который носит в основном случайный характер. Это обстоятельство значительно затрудняет исследование прибора.

Для выявления закономерностей изменения того или иного параметра в зависимости от внешнего воздействия и технологии изготовления необходимо производить большое число измерений с последующим их усреднением

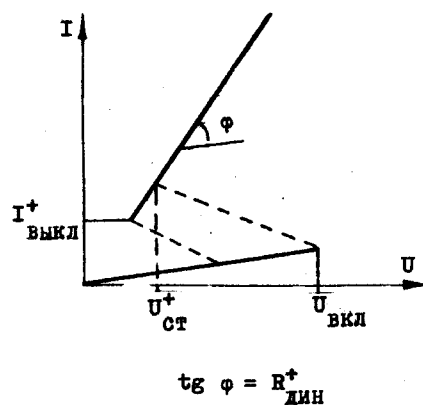


Рис. 1

внешнего воздействия и технологии изготовления необходимо производить большое число измерений с последующим их усреднением

и обработкой методами математической статистики. Измерение с помощью обычной методики [1] занимает очень много времени. В результате этого происходят временные изменения параметров, и полученные результаты для одного и того же параметра, в зависимости от интенсивности его измерения, не совпадают. С целью повышения скорости измерения и обработки результатов разработана схема автоматизации эксперимента, работающая совместно с ЭЦВМ "Днепр" по алгоритму, представленному в таблице.

Т а б л и ц а

№ п/п	Наименование операции	Величина измеряемого параметра	Время одного измерения, сек	Общее время измерения I элемента, сек	Время измерения для 50 элементов, сек
1.	Проверка на короткое замыкание		10^{-2}	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-1}$
2.	Определение $U_{вкл}$	~ 2 в	$3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-1}$	15
3.	Определение $R_{дин}^+$	~ 500 ом	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-1}$	12,5
4.	Определение $R_{ст}^+$	~ 500 ом	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$	1,5
5.	Определение $I_{выкл}$	$\sim 10^{-8}$ а	10^{-2}	10^{-1}	5
6.	Определение температуры	$0+100^{\circ}C$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-3}$

Итого:

35 сек

Подсчет времени произведен для 10 усреднений измеряемых параметров.

В процессе эксперимента измеряются следующие параметры [1]: $U_{вкл}$ - пороговое напряжение включения; $R_{дин}^+$ - дифференциальное сопротивление; $R_{ст}^+$ - статическое сопротивление; $I_{выкл}$ - ток выключения.

Перечисленные параметры измеряются в зависимости от обратного напряжения смещения и температуры.

Принципиальная схема измерений представлена на рис. 2.

Для определения величины $U_{вкл}$ на вход схемы подается дискретно-нарастающее напряжение $U_{зх}$. При достижении напряжения на исследуемом образце величины, равной $U_{вкл}$, элемент

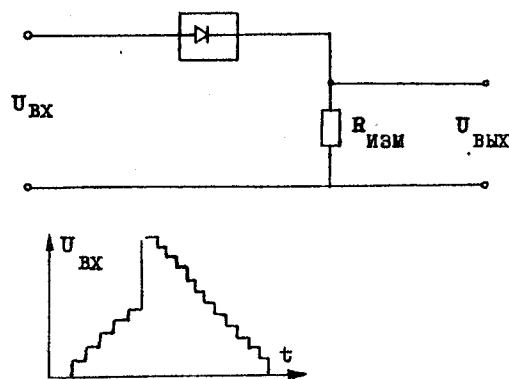


Рис.2

из состояния низкой проводимости переходит в состояние высокой проводимости, и на измерительном сопротивлении $R_{изм}$ резко возрастает напряжение. При этом $U_{вкл}$ определяется следующим выражением:

$$U_{вкл} = U_{вх}^{m-1} - U_R,$$

где $U_{вх}^{m-1}$ - входное напряжение на шаге, предшествующем переходу элемента из состояния низкой проводимости в состояние высокой проводимости.

U_R - напряжение на измерительном сопротивлении на $(m-1)$ шаге.

После определения $U_{вкл}$ на вход схемы подается максимальное напряжение $U_{вх\max} = 5\text{В}$, которое затем постепенно уменьшается до величины напряжения $U_{см}^+ \approx 0,5\text{В}$. Динамическое сопротивление определяется из выражения

$$R_{дин}^+ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_{изм} \cdot \frac{\Delta U_{вх}^i - \Delta U_R^i}{\Delta U_R^i},$$

где n - число шагов уменьшения напряжения, $\Delta U_{вх}^i$, ΔU_R^i - приращения входного и выходного напряжений на каждом шаге.

При достижении величины напряжения $U_{см}^+$ определяется статическое сопротивление

$$R_{см}^+ = \frac{U_{см}^+ - U_R}{U_R} \cdot R_{изм}.$$

Ток выключения элемента определяется при достижении напряжения

на измерительном сопротивлении величины $U_R^* \leq C_0$, где C_0 - некоторая постоянная:

$$J_{выкл}^+ = \frac{U_R^{m-1}}{R_{изм}}.$$

Блок-схема измерительной установки (рис. 3) включает в себя: (1) - преобразователь "код-аналог"; (2) - преобразователь "аналог-код"; (3) - усилитель мощности; (4) - тепловую камеру с образцами, закрепленными на специальном держателе, и термопарой T_1 ; (5) - усилитель сигналов дифференциальной термопары T_1 , T_2 ; (6) - коммутатор с измерительным сопротивлением; (7) - вычислитель ЭЦВМ "Днепр".

Блоки 1, 2, 6, 7 входят в состав управляющей вычислительной машины (УВМ) "Днепр".

Подложка с 50 элементами, закрепленная в специальном держателе, помещается в тепловую камеру (4). Процесс измерения начинается с проверки каждого элемента на короткое замыкание через коммутатор (6). Для этого из УВМ через блок (3) выдается напряжение $U_0 \leq \frac{1}{2} U_{вкл}$. С измерительного сопротивления напряжение подается на вход УВМ (блок (2)). При выполнении условия

$$U_R \geq \frac{1}{2} U_0$$

элемент считается закороченным и из последующих измерений исключается.

Затем посредством подключения каждого образца через коммутатор (6) к измерительному сопротивлению $R_{изм}$ производятся измерения порогового напряжения включения, динамического сопротивления, статического сопротивления и тока выключения. Для усреднения результатов проводится 10-20 циклов измерения указанных параметров для всех одновременно исследуемых элементов при одной температуре. Цикл измерений повторяется при изменении температуры образца через каждые 10°C . Промежуточные результаты измерений после каждого цикла выводятся на печать. После измерений во всем заданном диапазоне температур кривые зависимостей исследуемых параметров от температуры могут выдаваться на экран электронно-лучевой трубки и фиксироваться на фотопленке.

Цикл измерения параметров пятидесяти элементов при одной температуре составил 35 сек. Цикл измерений в диапазоне температур от 0 до 100°C с одновременной обработкой результатов составляет 1,5 часа. За счет большого числа усреднений абсолютная погрешность результатов измерений не превышает 10%.

Электрические параметры переключающего диода в значительной степени зависят от режимов в схемах, использующих диоды, а также

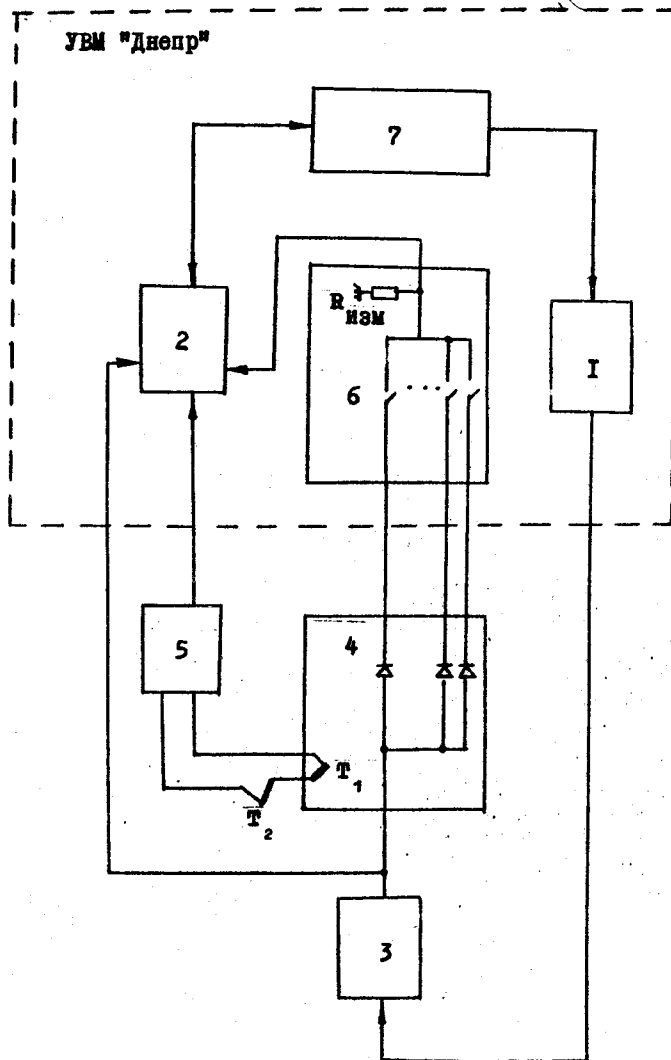


Рис.3

времени воздействия на него внешних факторов: напряжения, температуры, времени и т.д. В процессе измерения без применения ЭВМ эти факторы приводят к существенной погрешности при обработке информации, что затеняет выявляемую закономерность изменения того или иного параметра, например, от технологических приемов, предполагаемого режима в схеме и др.

На рис. 4 приведена гистограмма разброса порогового напряжения включения при измерении параметров без применения ЭЦВМ, которое проводилось оператором более недели; на рис. 5 приведена гистограмма, полученная при измерении и обработке значений для $U_{вкл}$ при том же числе измерений на ЭЦВМ. Эти гистограммы получены для одного и того же образца.

Проведенные сравнения гистограмм для образцов, при некоторых отличиях технологии их изготовления и измерений параметров вольт-амперной характеристики без применения ЭЦВМ, практически не дают необходимой информации об изменении исследуемого параметра.

Существенное значение имеют и погрешности измерения, вносимые оператором при отсчете измеряемой величины, а также и точность обработки полученных экспериментальных данных, что особенно сказывается на параметрах, имеющих сравнительно небольшие разбросы по отношению к их абсолютному значению. На рис. 6

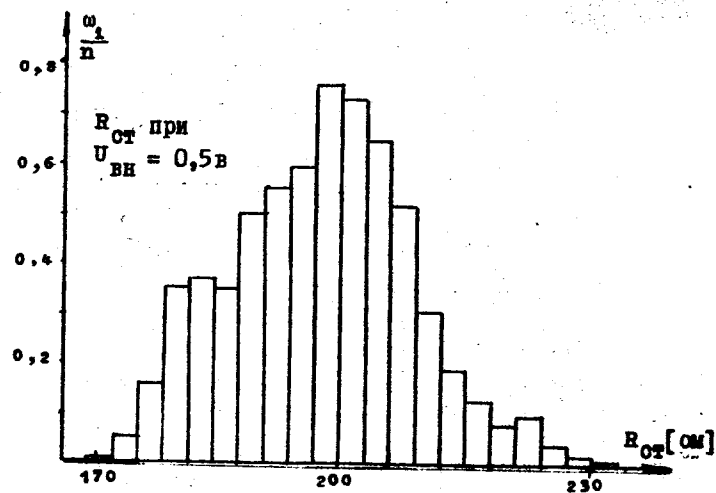


Рис.6

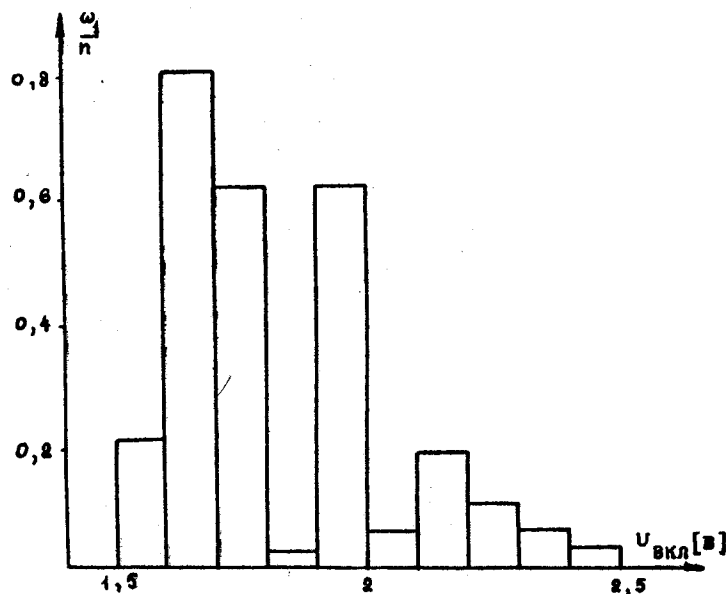


Рис. 4.

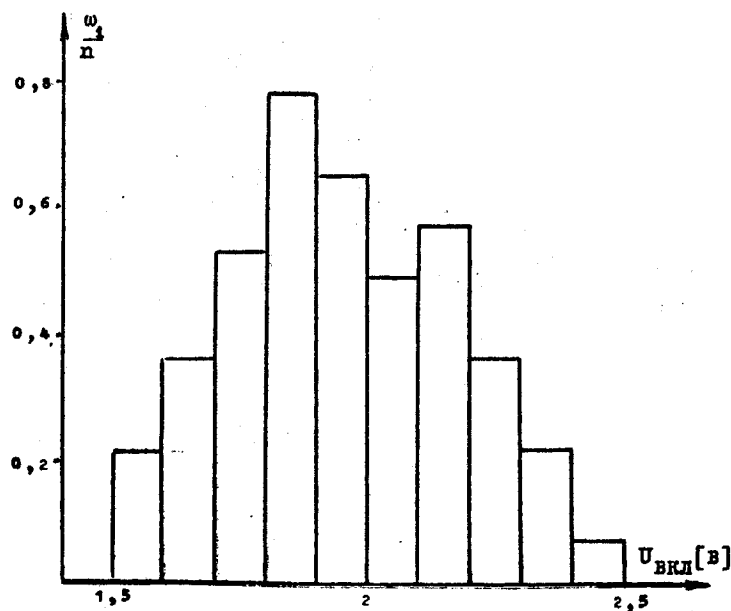


Рис. 5

приведена гистограмма разбросов статического сопротивления переключающего диода при внешнем напряжении 0,5 в. Гистограмму этого же параметра при измерении без применения ЭЦВМ или не удастся построить из-за погрешности измерения, или получатся значения, не соответствующие истине.

Применение ЭЦВМ для обработки и измерения экспериментальных данных при изготовлении элементов позволяет резко сократить время, необходимое для отработки технологии получения приборов, получить более достоверные результаты эксперимента, что особенно важно при выявлении статистических закономерностей изменения параметров приборов, носящих случайный характер.

Л и т е р а т у р а

1. С.Н. КОНЯЕВ, А.И. МИШИН. Тонкопленочный переключающий элемент с S-образной вольт-амперной характеристикой. - Вычислительные системы, Новосибирск, Изд-во "Наука", Сибирское отделение, 1967, № 26, стр. 139.

Поступила в редакцию
15 апреля 1968 г.