

УДК 621.316

## ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ДЕГРАДАЦИИ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРИСТОРОВ

ГАСАНЛИ Ш.М., ГАШИМОВ А.М.

*Институт Физики НАН Азербайджана*

Керамика на основе оксида цинка в последнее время находит широкое применение для производства резисторов(варисторов) с высоким коэффициентом нелинейности. В свою очередь эти варисторы используются для изготовления ограничителей перенапряжений и некоторых других приборов для электронной техники[1-2]. По данным работ [3-5] свойства варисторов очень чувствительны к условиям изготовления, в результате вариации которых могут произойти изменения размеров зерен, толщины и физических свойств межкристаллических фаз. Среди них одной из важных проблем, связанных с совершенствованием производства варисторов, является процесс деградации их электрических свойств при длительном времени протекании электрического тока через них.

Данная работа посвящена синтезу варисторов и изучению процесса деградации их электрических свойств при длительном времени протекании через них электрического тока.

### Методика эксперимента, результаты и их обсуждение

Нами были исследованы два состава варисторов, а именно: состав №1-(мол. %): 97 ZnO+1 Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+0,5 Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+0,5 Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>+0,5 MnO<sub>2</sub>+0,5 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>., состав №2-(мол. %):

ZnO-96,5; Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-0,5; Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-0,5; MnO<sub>2</sub>-0,5; V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-0,5; Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-1,0; ZrO<sub>2</sub>-0,5

Варисторы были синтезированы при T=1500 К в атмосфере воздуха. На плотно спеченные образцы были нанесены серебряные электроды. Из вольтамперной характеристики (ВАХ) (рис.1) были рассчитаны коэффициент нелинейности и классификационное напряжение.

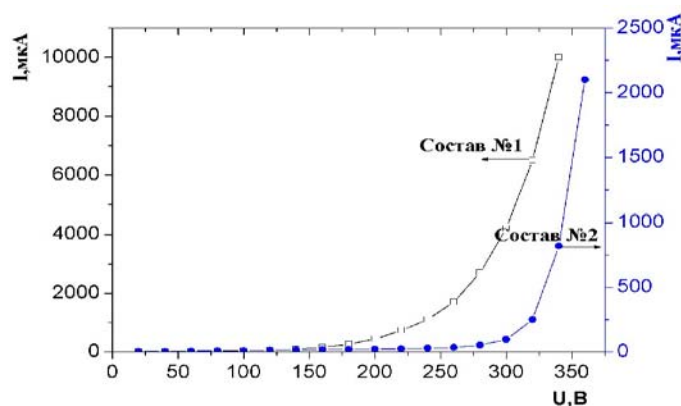


Рис.1. Вольтамперные характеристики исследованных составов (T=293К).

В исследованных варисторах коэффициент нелинейности был равен  $\beta=70$ , а классификационное напряжение  $U=430$  В. Коэффициент  $\beta$  и классификационное напряжение были определены при T=293 К. Кроме того, был исследован процесс

деградации исследуемых образцов. Результаты эксперимента приведены на рис.2 и рис.3, из которых можно сделать следующие выводы:

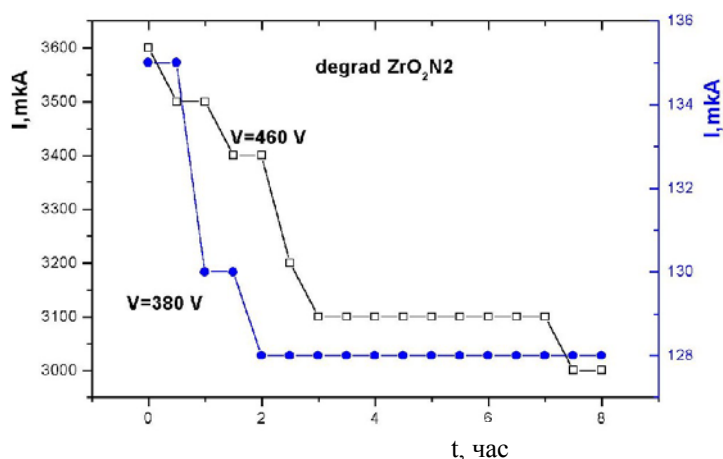


Рис.2. Зависимость величины тока через варистор от времени его протекания при различных значениях приложенного напряжения для состава №2.

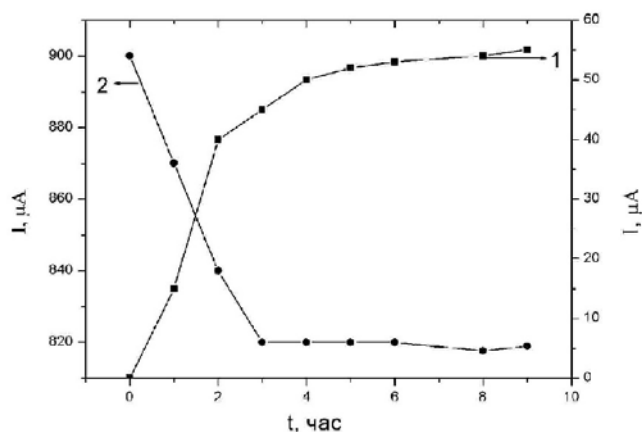


Рис.3. Зависимость величины тока через варистор от времени его протекания для составов 1 и 2.

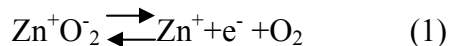
1) Зависимость величины тока через варистор от значения приложенного напряжения  $I=f(U)$  носит нелинейный характер. При этом величина тока через варистор увеличивается на 4 порядка; 2) Добавка примеси оксида циркония ( $ZrO_2$ ) сильно увеличивает крутизну вольтамперной характеристики; 3) Для варисторов состава №1 величина электрического тока через варистор при постоянном значении приложенного напряжения с ростом времени наблюдения растет (рис.3, кривая -1), т.е. сопротивление варистора с течением времени уменьшается. В то же время для состава №2 величина электрического тока через варистор при постоянном значении приложенного напряжения с ростом времени наблюдения уменьшается, другими словами, сопротивления варистора с ростом времени эксперимента увеличивается. Отметим, что при длительном времени протекания через них тока улучшаются их электрические характеристики (величина сопротивления варистора увеличивается с дальнейшей ее стабилизацией) (см. рис.2,3).

Предполагается, что процесс деградации связан с изменением высоты потенциального барьера.

С учетом того, что в формировании варисторного эффекта в керамике на основе оксида цинка особую роль играет межкристаллитный потенциальный барьер (МПБ)

между зернами оксида цинка, полученные результаты могут быть объяснены следующим образом:

1- в составе №1 при длительном времени протекания тока происходит разложение нестойкого поверхностного соединения типа  $(Zn^{+}O^{-}_2)$  по реакции(1), в результате которой увеличивается концентрация электронов, уменьшается высота потенциального барьера (МПБ) и, как следствие, сопротивление варистора (растет электропроводность) [3]



2- причина роста сопротивления и коэффициента нелинейности, в варисторах состава №2 объясняется тем, что, с одной стороны, оксид бора улучшает спекаемость и МПБ варистора, с другой стороны, в процессе длительного протекания тока через варистор происходит залечивание стехиометрических дефектов кристаллической решетки  $ZrO_2$  за счет адсорбции атомов кислорода, и кроме того, за счет захвата ловушек уменьшается число электронов в МПБ, в результате чего растет сопротивление варистора(уменьшается величина тока).

Отметим, что в образовании межкристаллитных барьеров между атомами немаловажную роль играет также взаимодействие между атомами оксида цинка и примесными атомами. В работе[4] нами путем электронографического исследования показано, что в результате этих взаимодействий образуются непрерывные фазовые включения, а также непрерывный ряд твердых растворов взаимозамещения, описываемых формулой  $Zn_{1-x}Sb_xO$  ( $x=0,1\%$  мол.).

1. *Ch.S. Valeev, V.B. Kvaskov. Non-linear metall-oxide Semiconductots, Moscow, 1982, pp.2-15(Russian).*
2. *T.K. Gupta. Application of Zinc oxide varistor. J.Amer.Soc.1990,vol.73, p.1817.*
3. *Гасанли Ш.М, Исмаилов Д.М., Мехтизаде Р.Н., Байрамов Х.Б., Бондяков А.С. Взаимосвязь между электрическими и структурными параметрами варисторов на основе оксида цинка с примесями. Проблемы энергетики, Баку,Элм, 2003, №3, с.45-50.*
4. *Гасанли Ш.М, Гашимов А.М., Исмаилов Д.М., Аллазов Р.М..Мехтизаде Р.Н., Байрамов Х.Б. Электронографическое исследование пленок ZnO с добавками оксидов кобальта, бора, марганца. висмута и сурьмы. 4-ая Национальная конференция по применению Рентгеновского синхротронного измерения, нейтронов и электронов для исследования материалов.17-22-ХI-я 2003, Москва.*
5. *L.M. Levinson, H.R.Philip, G.D.Mahan. Evidence for parallel conduction in ZnO varistor. Advances in varistor technology, Ceramic Transition. 1989, v.3, p.145.*

## **SİNK OKSİDİ ƏSASINDA ALINMIŞ VARİSTORLARIN ELEKTRİKİ XASSƏLƏRİNƏ DEQRADASIYA PROSESİNİN TƏSİRİ**

**HƏSƏNLİ Ş.M., HƏŞİMOV A.M.**

Məqalədə sink oksidi əsasında sintez olunmuş varistorların elektrofiziki xassələrinə onlardan uzun müddət ərzində çərəyan keçməsi nəticəsində yaranmış deqradasiya prosesinin təsiri tədqiq edilmişdir.

## **INFLUENCE OF DEGRADATION PROCESS ON ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF VARISTORS**

**HASANLI Sh.M., HASHIMOV A.M.**

In the article the influence of degradation process on electrophysical characteristics of varistors on a basis of zinc oxide is investigated.