

АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТНОГО И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КОНТАКТНЫХ ЗОН ГЕРКОНОВ МЕТОДОМ ЭОС

А.А. Кузнецов, канд. физ.-мат. наук, Е.В. Васильев,
И.А. Зельцер*, Е.Я. Черняк, канд. физ.-мат. наук
390023, проезд Яблочкова 5, корп.19, г. Рязань, Россия, ООО «Шибболет»
* 390027, ул. Новая 51В, г. Рязань, Россия, ОАО «РЗМКП»

Работа посвящена измерению элементного и химического состава поверхности и приповерхностной области контакт-деталей герконов МКА-14103 методом ЭОС с целью установления его корреляции с переходным сопротивлением приборов. Показано, что основным фактором, определяющим величину сопротивления, является толщина несплошной паразитной пленки двуоксида кремния.

The paper is dedicated to measurement of elemental and chemical composition of the surface and surficial region of the contact blades of reed switches МКА-14103 by AES method for the purpose to determine a correlation thereof with contact resistance of the devices. It was demonstrated that the main factor defining the resistance value is thickness of the discontinuous parasitic film of silicon dioxide.

Метод электронной оже-спектроскопии (ЭОС) по праву считается одним из наиболее разработанных и широкоприменяемых для решения научных, технических и технологических задач.

Анализ элементного и химического состава герконов осуществлялся на оже-спектрометре, оснащённом энергоанализатором типа ЦЗА с разрешением 0,25%, и со встроенной электронной пушкой, имеющей ток пучка до 1 мкА при диаметре пучка 100 мкм [1], рис. 1.



Рис. 1. Электронный оже-спектрометр

Для очистки поверхности контакт-деталей герконов и их послойного оже-анализа применялась ионная пушка с дифференциальной откачкой рабочего газа (Ar) и плотностью ионного тока до 3,5 мА/см². Наличие загрузочно-шлюзового устройства позволяет оперативно (15-30 мин.) проводить загрузку объектов исследования в аналитическую камеру спектрометра. Все измерения проводились в вакууме 2×10^{-7} Па для устранения эффектов

электронно-стимулированной адсорбции молекул остаточных газов на исследуемых поверхностях.

Измерения проводились для герконов МКА-14103 без гальванического покрытия после их тестирования в различных режимах. Наиболее характерный состав их исходной поверхности (после тестирования) представлен в табл. 1, а оже-спектр – на рис. 2.

Таблица 1

Элемент	Углерод	Железо	Никель	Кислород	Двуокись кремния	Азот	Сера	Хлор
Концентрация	41,2 %	21,4 %	13,6 %	9,2 %	5,6 %	4,0 %	3,0 %	1,9 %

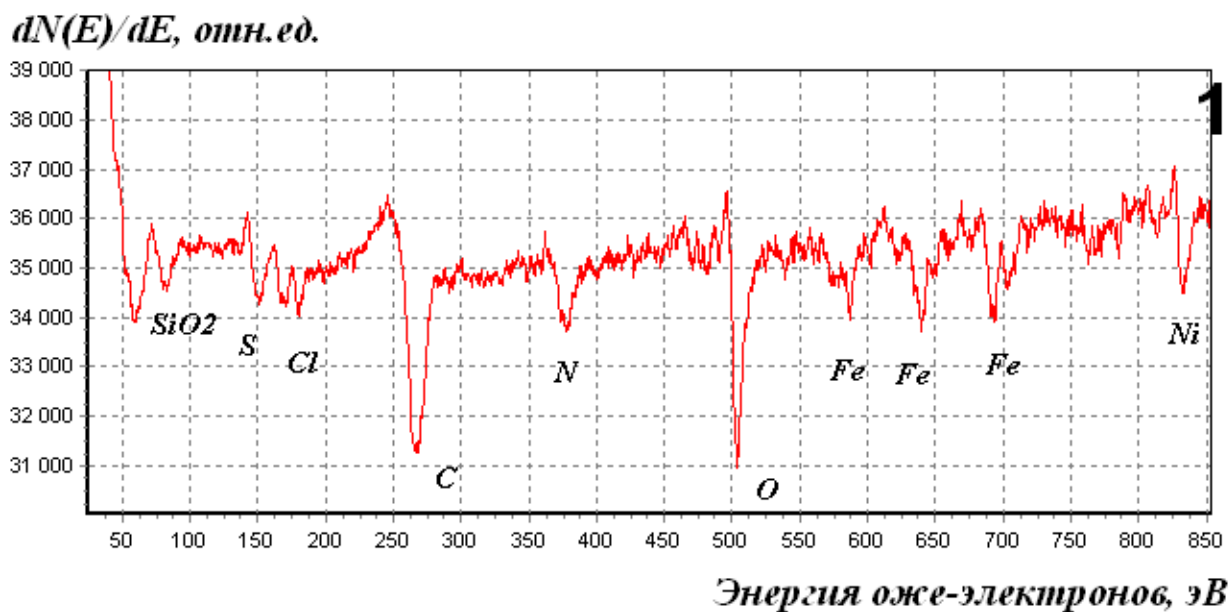


Рис. 2. Оже-спектр исходной рабочей поверхности геркона

Количественный оже-анализ осуществлялся методом факторов элементной чувствительности (ФЭЧ) [2]. Для повышения точности расчетов была проведена экстраполяция всех использованных значений ФЭЧ для примененной в данной работе энергии первичных электронов 2 кэВ.

На контактной области всех исследованных герконов обнаружена весьма высокая концентрация окислов кремния. Изучение формы оже-линий кремния в области энергий 50-100 эВ показало, что окисленный кремний присутствует в форме стехиометричной двуокиси, которая является прекрасным диэлектриком.

Установление корреляции между сопротивлением геркона (R_r) и отношением интенсивностей различных оже-линий на исходных спектрах ($I_{\text{SiO}_2}/I_{\text{Ni}}$, $I_{\text{SiO}_2}/I_{\text{Fe}}$, $I_{\text{O}}/I_{\text{C}}$, $I_{\text{N}}/I_{\text{S}}$) не дало положительных результатов.

Послойный оже-анализ контакт-деталей герконов с различным сопротивлением показал, что после удаления поверхностных загрязнений основными элементами, присутствующими в контактной области, являются Fe, Ni и SiO_2 со следами K, Ca, C и N. Величина R_r (в пределах двух порядков величины) хорошо коррелирует с толщиной несплошной пленки SiO_2 , которая находится в диапазоне от 0,1 ÷ 0,3 мкм до, по-видимому, 1 ÷ 2 мкм, рис. 3, 4.

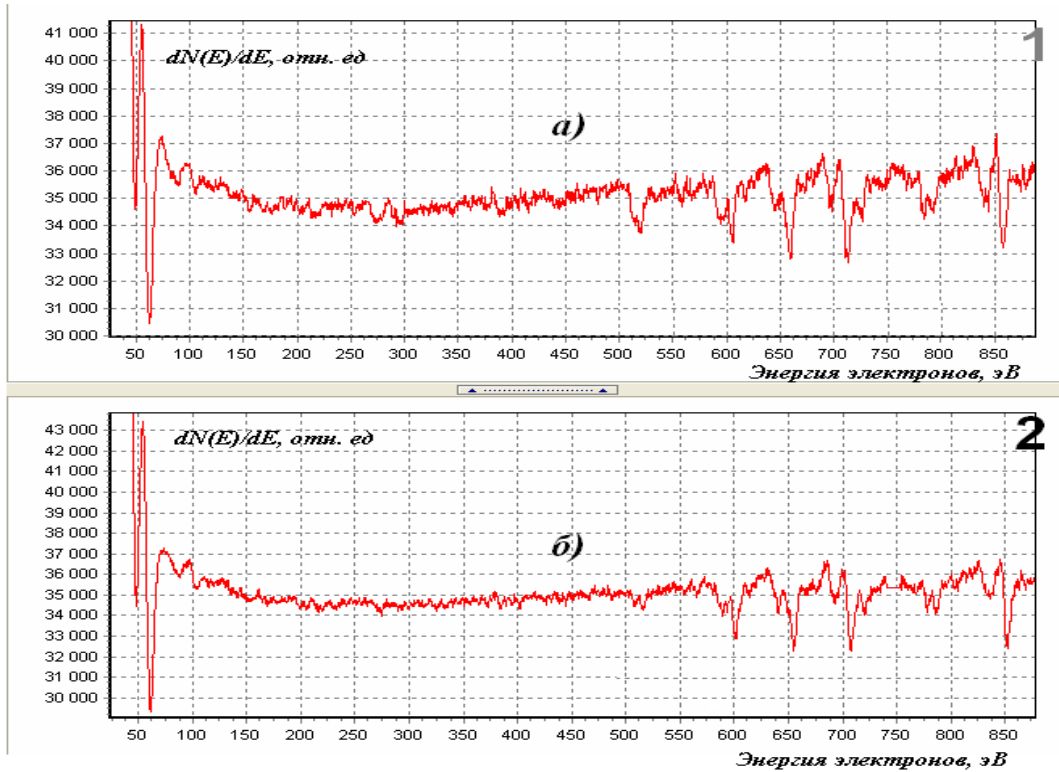


Рис. 3. Оже-спектры герконов № 2-1 с $R_r = 0,11$ Ом (а) и № 6-1 с $R_r = 0,12$ Ом (б) после распыления поверхностного слоя контакт-деталей толщиной 24 и 18 нм, соответственно

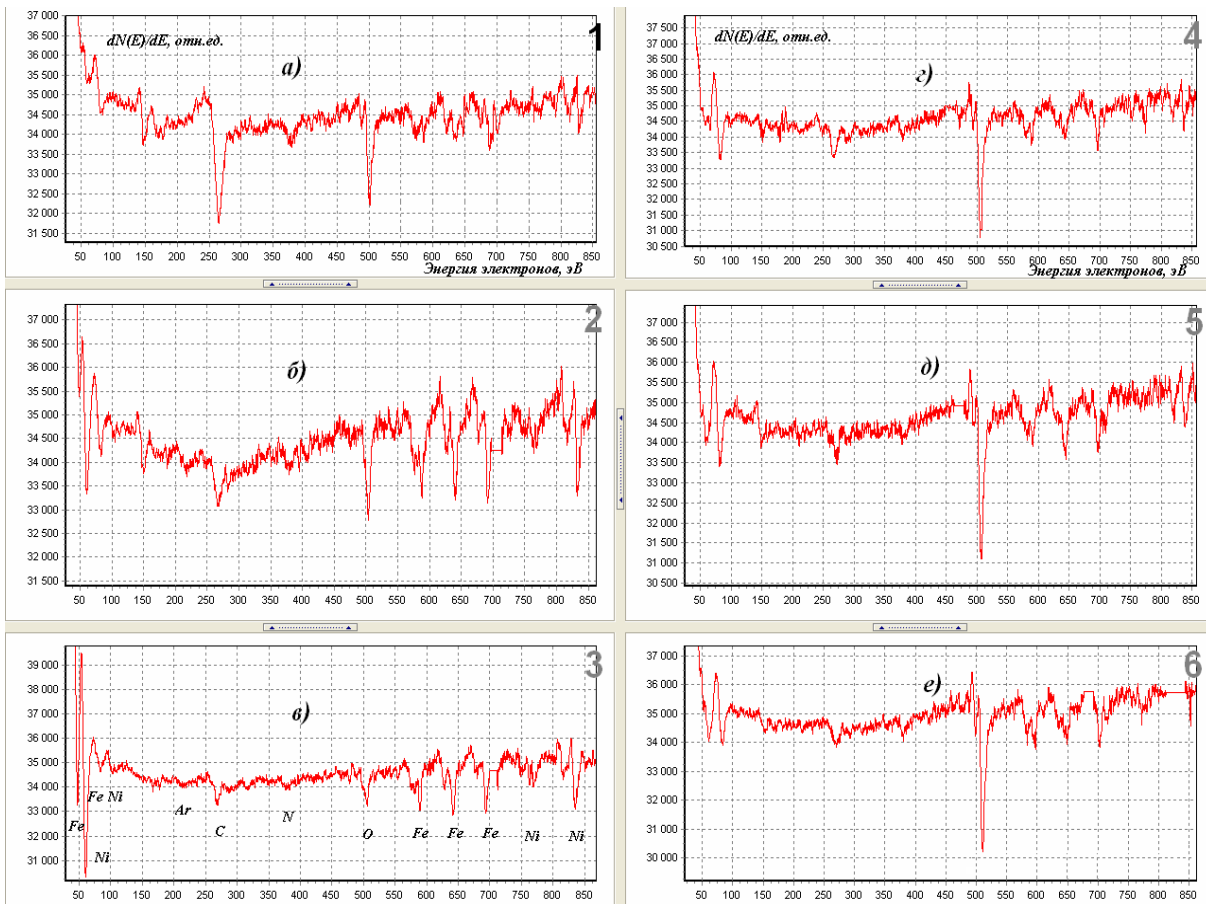


Рис. 4. Динамика изменения оже-спектров герконов № 9-1 с $R_r = 0,9$ Ом (а-в) и № 9-9 с $R_r > 8$ Ом (г-е) в процессе распыления поверхностного слоя контакт-деталей толщиной 186 и 258 нм, соответственно

Результаты количественного анализа рабочих областей герконов после удаления пленки SiO₂ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Элемент	Углерод	Железо	Никель	Кислород	Азот	Кальций
Концентрация для геркона №6-1	3,4%	57,7%	34,5%	1,6%	3,0%	-
Концентрация для геркона №8-1	6,6%	52,2%	32,0%	5,7%	-	2,1%

Наблюдается удовлетворительное совпадение концентраций Fe в объеме материала (49,3%) и рассчитанных по данным ЭОС в приповерхностной области. Уменьшение концентрации Ni может быть обусловлено несколькими факторами:

- технологией изготовления контактов и их химической обработкой;
- образованием химических соединений никеля с углеродом, кислородом и кальцием;
- селективностью распыления пермаллоя.

Результаты настоящей работы однозначно подтверждают корреляцию между величиной R_r и толщиной несплошной пленки двуоксида кремния.

Представляет интерес установление источника появления пленки двуоксида кремния, а также изучение ее структуры и толщины по длине всей контакт-детали с целью совершенствования технологии изготовления герконов и улучшения их параметров, а также срока службы.

Литература:

1. Kuznetsov A.A., Abramova S.Yu., Potapova T.E., Protopopov O.D. Journ. of Electron Spectr. and Rel. Phenom., 1994, v. 68, pp. 407-412.
2. Davis L.E., MacDonald N.C., Palmberg P.W., Riach G.E., and Weber R.E. Handbook of AES, 2nd ed. (Perkin-Elmer Corporation, Eden Prairie, MN, 1976).