

ного уравнения деградации [1—3] установлено, что кинетика данного эффекта однозначно описывается сжатой экспоненциально-степенной РФ (2) со значением показателя  $k \approx 1,5$ .

Исследуя элементный состав толсто пленочных образцов  $\text{Cu}_{0,1}\text{Ni}_{0,1}\text{Co}_{1,6}\text{Mn}_{1,2}\text{O}_4$  (в перпендикулярном направлении по отношению к серебряным электродам) до и после деградационного теста с помощью электронного сканирующего микроскопа LEO 982, зафиксировано проникновение металлического серебра вглубь пленки почти на 4—5 мкм, причем увеличение содержания этого металла наблюдается главным образом в областях межзеренных границ. В составе же самой толстой пленки в этих местах практически полностью исчезает характерный светлый налет невыгоревшей органической связки. Значит, в процессе деградационного теста активируются по меньшей мере два взаимосвязанных инородных процесса — «выгорание» остатков органической связки между контактирующими зернами шпинели с одновременным проникновением в освободившееся пространство металлического серебра. В результате сопротивление толстой пленки уменьшается не только за счет улучшения межзеренных контактов (т. е. уплотнения пленки), но и за счет появления в межзеренном пространстве проводника.

\*\*\*

Таким образом, в твердотельных топологически разупорядоченных средах возможны деградационные превращения, описываемые идеальной экспоненциальной кинетикой, при условии что они определяются одним преобладающим значением энергии активации вне зависимости от структурной дисперсности системы. Во всех других случаях следует ожидать неэкспоненциальную кинетику деградации, соответствующую расширенной или сжатой РФ (2). Расширенная или дробно-экспоненциальная кинетика с показателем  $0 < k < 1$  характерна для собственных деградационных превращений в системах, однотипных по своей природе. Деградационные превращения, включающие два и более элементарных, принципиально различных по своему происхождению, могут описываться сжатой экспоненциально-степенной РФ (2).

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Вакив Н. М., Балицкая В. А., Шпотюк О. И., Буткевич Б. Деградационные превращения в топологически разупорядоченных твердых телах: 1. Математические модели кинетики // *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*.— 2003.— № 4.— С. 61—64.

2. Balitska V., Shpotyuk O., Vakiv M. Degradation of dynamic radiation-induced effects in chalcogenide vitreous compounds // *Inzynieria Materialowa*.— 2001.— N 4.— P. 189—192.

3. Balitska V. O., Butkievich B., Shpotyuk O. I., Vakiv M. M. On the analytical description of ageing kinetics in ceramics manganese-based NTC thermistors // *Microelectronics Reliability*.— 2002.— Vol. 42.— P. 2002—2007.

4. Hilfer R. Analytical representations for relaxation functions of glasses // *J. Non-Cryst. Solids*.— 2002.— Vol. 305.— P. 122—126.

5. Mazurin O. V. Relaxation phenomena in glass // *J. Non-Cryst. Solids*.— 1977.— Vol. 25.— P. 130—169.

6. Balitska V. O., Shpotyuk O. I., Vakiv M. M. Degradation of electron-induced dichroism in glassy  $\text{As}_2\text{S}_3\text{-Sb}_2\text{S}_3$  // *Ukr. J. Phys. Optics*.— 2000.— N 2.— P. 107—110.

7. Фельц А. Аморфные и стеклообразные неорганические тела.— М.: Мир, 1986.

8. Shpotyuk O. I., Balitska V. O. Electron-induced dichroism in vitreous  $\text{As}_2\text{S}_3$ : physical features and microstructural mechanism // *Phys. Stat. Sol.*— 1998.— Vol. 165.— P. 295—302.

9. Kovacs A. J., Hutchinson J. M., Aklonis J. J. Iso-baric volume and enthalpy recovery of glasses. I. A critical survey of recent phenomenological approaches.— In: *The structure of non-crystalline materials*.— 1977.— London.— P. 167—172.

10. Corsaro R. D. Volume relaxation of dry and wet boron trioxide in the glass transformation range following a sudden change of pressure.— *Phys. Chem. Glasses*.— 1976.— Vol. 17.— P. 13—22.

11. Williams G., Watts D. C. Ton-symmetrical dielectric relaxation behaviour arising from a simple empirical decay function // *Trans. Faraday Soc.*— 1970.— Vol. 66.— P. 80—85.

12. De Bast J., Gilard P. Variation of the viscosity of glass and relaxation of stresses during stabilization // *Phys. Chem. Glasses*.— 1963.— Vol. 4, N 4.— P. 117—128.

13. Kohlrausch F. Uber die elastische nachwirkung bei der torsion // *Pogg. Ann.*— 1863.— Bd 119.— S. 337—368.

14. Gomez D., Alegria A. On the empirical functions describing the  $\alpha$ -relaxation of glass-forming systems // *J. Non-Cryst. Sol.*— 2001.— Vol. 287.— P. 246—251.

15. Emelianova E. V., Hertogen P., Arkhipov V. I., Adriaenssens G. I. A model of photoinduced anisotropy in chalcogenide glasses // *J. Non-Cryst. Sol.*— 2000.— Vol. 266—269.— P. 954—958.

16. Гусаров А. И., Дмитрюк А. В., Кононов А. Н., Машков А. А. Долговременная кинетика активационных спектров пострадиационной релаксации в стеклах // *ЖЭТФ*.— 1990.— Т. 97.— С. 525—540.

17. Plewa J., Altenburg H., Ochrymowych R. et al. New NTC electroceramics based on transition-metal manganites in thick-film performance / *Abstract book of 8th Intern. Conf. on Electronic Ceramics and Their Application*.— 2002.— Rome, Italy.— Aug. 25—28.— P. 154—155.

18. Клим Г. І., Балицька В. О., Вакив М. М. та ін. Особливості термодеграційних ефектів в товстих плівках змішаних оксиманганітів перехідних металів // *Вісн. нац. ун-ту «Львів. політехніка»*.— 2004.— № 510: Елементи теорії та прилади твердотільної електроніки.— С. 98—102.

19. Vakiv M. M., Shpotyuk O. I., Balitska V. O. et al. Ageing behavior of electrical resistance in manganese NTC ceramics // *J. Europ. Ceram. Soc.*— 2004.— Vol. 24.— P. 1243—1246.

## НОВЫЕ КНИГИ

**Щука А. А. Электроника.— СПб: БХВ-Петербург, 2005.— 800 с.**

Рассмотрены основные разделы электроники: вакуумная и плазменная электроника, полупроводниковая электроника и микроэлектроника, оптическая и квантовая электроника, функциональная электроника. В содержание каждой части введена историческая справка об этапах становления и развития данного направления электроники. Каждый раздел содержит контрольные вопросы и задачи с решениями, некоторые из них выполнены с помощью стандартных компьютерных программ.

Для студентов электронных, радиотехнических и радиофизических специальностей вузов, аспирантов и инженеров соответствующих специальностей.

ют импульсы с нормализатора для определения скорости счета. ОЭВМ, в свою очередь, управляя счетчиком с переменным коэффициентом деления, корректирует энергетическую зависимость чувствительности CdZnTe-детектора.

С выхода счетчика скорректированные импульсы стандартной амплитуды, соответствующей уровням логического "0" и "1" используемой элементной базы, поступают на узел интерфейса. Узел интерфейса преобразует указанные импульсы по длительности и амплитуде, необходимой для работы канала АКРБ. Такое дополнительное формирование сигнала необходимо из-за того, что канал передачи данных АКРБ не соответствует современным стандартам передачи информации.

Рис. 2 иллюстрирует обработку сигнала в блоке детектирования при измерении одинаковой мощности дозы для гамма-излучения различной энергии (цифровые обозначения согласно рис. 1). Ввиду высокого эффективного атомного номера CdZnTe на выходе основного усилителя (соответственно CdZnTe-детектора и предварительного усилителя) число зарегистрированных гамма-квантов больше для меньших значений энергии (см. 1 рис. 2).

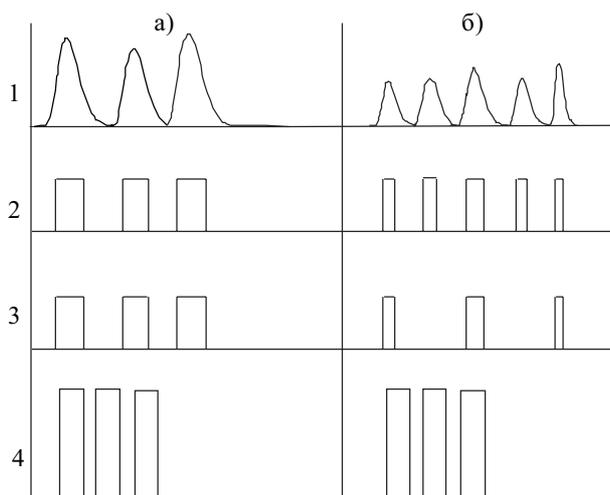


Рис. 2. Временная диаграмма работы блока детектирования на основе CdZnTe при измерении одинаковой мощности дозы для гамма-излучения различной энергии (для б энергия гамма-излучения меньше, чем для а)

Недостатком приведенного технического решения является небольшой динамический диапазон измеряемых значений мощности дозы. Поэтому в развитие его предложен вариант блока детектирования, в котором алгоритм коррекции сигнала на выходе блока реализуется при помощи сигнального процессора.

При этом на вход сигнального процессора подается цифровой код, пропорциональный амплитуде импульса при регистрации гамма-кванта, полученный в результате преобразования высокоскоростным АЦП, установленным непосредственно после выхода зарядочувствительного предварительного усилителя. Этот подход был детально разработан при создании спектрометров гамма-излучения [5].

Анализ показал, что требуемое значение погрешности за счет энергетической зависимости чувствительности может быть достигнуто при использовании 10-разрядных АЦП AD9411 Analog Devices с частотой дискретизации 170 МГц. При этом количество уровней квантования определяется требованием измерять мощность дозы гамма-излучения с энергией не менее 10 кэВ; такой минимальной энергии и соответствует применение 10-разрядных АЦП.

\*\*\*

Таким образом, применение современных методов и технических средств цифровой обработки сигналов позволило разработать блок детектирования для измерения мощности дозы гамма-излучения на основе CdZnTe. Применение цифровой коррекции выходного сигнала позволяет преодолеть главное ограничение применения CdZnTe-детекторов в составе систем радиационного контроля.

Успешные испытания опытных образцов блоков детектирования на действующих АЭС подтвердили правильность предложенных решений.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Мокрицкий В. А., Ленков С. В., Маслов О. В., Савельев С. А. Обработка монокристаллов CdZnTe для применения в датчиках  $\gamma$ -излучения // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2001.— № 3.— С. 9—10.
2. Горев В. С., Кожемякин В. А., Матвеев О. А. и др. Применение детекторов на основе теллурида кадмия в дозиметрии гамма-излучения // Приборы и техника эксперимента.— 1981.— № 1.— С. 60—64.
3. Kopp M. K., Valentine K. H., Williams J. A., Bamberger R. H. New method of gamma dose-rate measurement using energy-sensitive counters // IEEE Trans. Nucl. Sci.— Vol/Issue: NS-34:1; Nuclear science and nuclear power systems symposium; 29 Oct 1986; Washington, DC, USA.— P. 616—618.
4. Олейник С. Г., Маслов О. В., Максимов М. В. Анализ возможностей применения однотипных технических средств и методического обеспечения для контроля состояния ядерного топлива и ядерных материалов в реальном времени // Ядерная энергетика.— 2004.— № 1.— С. 87—97.
5. Галченков О. Н., Маслов О. В., Олейник С. Г. Сравнение двух способов построения спектров в цифровом гамма-спектрометре // Ядерная и радиационная безопасность.— 2000.— Т. 3, вып. 3.— С. 61—63.

НОВЫЕ КНИГИ

**Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств.— М.: Додэка-XXI, 2005.— 528 с.**

Освещены свойства и особенности применения аналоговых и аналого-цифровых интегральных микросхем: операционных усилителей, компараторов, таймеров, фильтров, линейных и импульсных стабилизаторов напряжения, коммутаторов, микросхем АЦП и ЦАП, различных датчиков.

Книга полезна специалистам в области электроники, автоматики, вычислительной техники, а также аспирантам и студентам соответствующего профиля.

вается, и при некотором  $I$  возникает ситуация, когда  $t_1 \approx t_2$ . При этом колебания имеют вид, близкий к периодическим синусоидальным колебаниям.

Дальнейшее увеличение тока приводит к существенному разогреву канала шнура тока. Каждый следующий цикл колебаний "помнит" предшествующий цикл. Канал не успевает остыть за период разрядки емкости, и время  $t_1$  существования шнура увеличивается. Шнур существует до момента остывания канала за счет отвода тепла в подложку [2].

Чем больше ток, тем дольше существует шнур. Частота колебаний уменьшается, поскольку время заряда  $t_2$  уменьшается, а время разряда  $t_1$  увеличивается за счет увеличения протекающего тока.

При токе, превышающем  $I_3$ , колебания исчезают. Шнур тока не исчезает, а существует стационарно за счет протекающего тока. Перегрев транзистора в месте локализации шнура приводит к необратимым изменениям КНИ-транзистора.

По данным рис. 5 была оценена нестабильность частоты  $\Delta f/f$  генерируемых колебаний для разных токов, протекающих через транзистор. Для тока  $I_1$  она не превышала  $8 \cdot 10^{-3}$ , для  $I_2$  —  $1 \cdot 10^{-2}$ , для  $I_3$  —  $4 \cdot 10^{-2}$ . Безусловно, эти значения значительно уступают параметрам кварцевых генераторов ( $10^{-6}$  [6, с. 157]), однако достаточно близки к параметрам стабилизированных параметрических генераторов ( $10^{-4} \dots 10^{-3}$  [6, с. 156]).

Совместимость технологии КНИ с существующими технологиями изготовления полупроводниковых приборов [1, с. 6—9] делает возможным создание функционального генератора на основе КНИ-транзистора.

#### Заключение

1. Экспериментально показано, что в электрической цепи, содержащей КНИ-транзистор, можно без

внешнего периодического воздействия получить незатухающие колебания напряжения и тока и изменять их частоту и амплитуду (в широких пределах), а также характер колебаний (от релаксационных до квазигармонических) изменением протекающего тока или потенциала подложки.

2. Предложен физический механизм, объясняющий возникновение колебаний напряжения на КНИ-структуре периодическим возникновением шнура тока в обедненной области вблизи стока транзистора.

3. Полученные результаты позволяют говорить о возможности использования КНИ-транзистора в качестве генератора колебаний напряжения в широких пределах (0,1—1 МГц). При этом то, что он находится в гибридном режиме питания, не является существенным.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Cristoloveanu S., Li S. S. Electrical characterisation of silicon-on-insulator materials and devices.— Boston: Kluwer Academic Publishers, 1995.

2. Dobrovolsky V. N., Ishchuk L. V., Ninidze G. K. et al. High-amplitude high-frequency oscillations of temperature, electron-hole pair concentration and current in the silicon-on-insulator structures // Journal of Applied Physics.— 2000.— Vol. 88, N 11.— P. 6554—6559.

3. Добровольский В. М., Ишук Л. В., Нинидзе Г. К., Павлюк С. П. Випромінювання світла термічно генерованою електронно-дірковою плазмою в польовому КНІ-транзисторі // Укр. фіз. журн.— 2002.— Т. 47, № 5.— С. 495—499.

4. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. В 2 томах.— М.: Мир, 1984.

5. Бонч-Бруевич В. Л., Звягин И. П., Миронов А. Г. Доменная электрическая неустойчивость в полупроводниках.— М.: Наука, 1972.

6. Ред Э. Справочное пособие по высокочастотной схемотехнике.— М.: Мир, 1990.

#### НОВЫЕ КНИГИ

#### **Чумаков А. И. Действие космической радиации на интегральные схемы.— М.: Радио и связь, 2004.— 320 с.**

Описываются основные радиационные эффекты в полупроводниковых приборах и интегральных схемах при воздействии радиационных факторов космического пространства. Кратко приведены сведения по физике взаимодействия ионизирующего излучения с веществом и методам оценки уровней радиационных воздействий на изделия электронной техники, располагающиеся внутри космического аппарата. Рассмотрены основные доминирующие радиационные эффекты (структурные повреждения, поверхностные и локальные) в элементах интегральных схем. Впервые в отечественной литературе с единых позиций проанализированы отказы и сбои, вызываемые отдельными ядерными частицами, и обобщены методы защиты от них.

Для специалистов, разрабатывающих интегральные схемы и электронную аппаратуру космических аппаратов; может быть полезна аспирантам и студентам вузов.

#### **Кузнецова С. А., Несперенко А. В., Афанасьев А. О. OrCAD 10. Проектирование печатных плат.— М.: Горячая линия-Телеком, 2005.— 454 с.**

Рассмотрены вопросы схемотехнического проектирования радиоэлектронной аппаратуры и проектирования печатных плат с использованием пакета программ OrCAD 10. Приведены подробные описания основных модулей программы Capture и Layout. Освещены вопросы работы с этими подсистемами: описание среды проекта, работа в графических редакторах, получение сопутствующих отчетов, создание и ведение библиотек условно-графических образов и посадочных мест. Отдельная глава посвящена особенностям работы с внешними и встроенными базами данных в подсистеме Capture CIS.

Книга написана на основе технической документации и опыта работы авторов с данной системой и составлена таким образом, что может служить руководством пользователю при работе с различными версиями программы от OrCAD 7 до OrCAD 10.

Для инженерно-технических работников; может быть полезна студентам и аспирантам, специализирующимся в области разработки и конструирования электронной аппаратуры.

