

УДК 537.533.9

ИМПУЛЬСНЫЙ РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННЫЙ ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ

© 2012 Е.С. Пчелинцева, С.Г. Новиков, А.В. Беринцев, Б.М. Костишко

Ульяновский государственный университет

Поступила в редакцию 20.11.2012

В работе проведено моделирование радиационно-стимулированного источника электрического тока на основе изотопа ^{63}Ni , работающего в импульсном режиме. Моделирование проводилось в системе LTspice IV согласно структурной схеме импульсного радиационно-стимулированного источника тока, включающей в себя инвертор на коммутируемых конденсаторах, импульсный генератор и бетавольтаический элемент питания. При работе схемы в импульсном режиме мощность элемента питания составила около 3,6 мВт.

Ключевые слова: бетавольтаический эффект; радиационно-стимулированная генерация тока; моделирование физических процессов.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время маломощные (0,001-10 мВт) и долгоживущие (20-50 лет) источники электрического питания требуются целому классу устройств. Традиционные химические батареи обладают высокой мощностью, но ни у одной из них срок службы не превышает 10 лет. Предложено и осуществлено множество вариантов для реализации источников питания, удовлетворяющие данным условиям. Например, источники питания преобразующие тепловую и солнечную энергии, энергию вибрации и микроволн [1, 2]. Однако с помощью предложенных вариантов трудно поддерживать постоянную мощность продолжительное время. Одним из самых перспективных вариантов в данном случае является преобразование радиоактивной энергии изотопов в электрическую. Преимуществами энергетических источников на основе радиоизотопов являются большой срок работы (свыше 10 лет в зависимости от выбора изотопа), низкий вес, небольшой размер, широкий температурный диапазон и высокая надежность. Периоды полураспада и соответствующая длительность работ таких ба-

тарей питания варьируются от нескольких (^{147}Pr) до ста лет (^{63}Ni) [3]. На основе радиоизотопных источников питания возможно создание гибридного источника тока или напряжения с элементами накопления заряда, работающего в импульсном режиме.

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ

Предлагаемый импульсный радиационно-стимулированный источник тока, основанный на использовании энергии радиоактивного распада различных изотопов, содержит первичный преобразователь на основе полупроводниковой структуры с р-п-переходами с нанесенным на его поверхность изотопом ^{63}Ni , испускающим бета электроны с широким энергетическим спектром, а также устройство преобразования постоянного напряжения первичного источника в переменное, умножитель напряжения и импульсный генератор. Структурная схема источника приведена на рис. 1.

Электрическая принципиальная схема импульсного радиационно-стимулированного источника питания приведена на рис. 2, где блок 1 представляет собой инвертор на коммутируемых конденсаторах, блок 2 – умножитель напряжения, блок 3 – импульсный генератор с низковольтным питанием.

Представленная схема работает следующим образом. Под воздействием бета-электронов испускаемых источником ^{63}Ni в области пространственного заряда (ОПЗ) генерируются электронно-дырочные пары, а за счет встроенного электрического поля в ОПЗ происходит разделение заряда, таким образом на входе X1 и X2 образу-

Пчелинцева Екатерина Сергеевна, кандидат физико-математических наук, начальник лаборатории зондовой и электронной микроскопии НИТИ.

E-mail: nanolabniti@gmail.com.

Новиков Сергей Геннадьевич, кандидат технических наук, начальник лаборатории твердотельной электроники НИТИ. E-mail: novikovsg@ulsu.ru.

Беринцев Алексей Валентинович, научный сотрудник лаборатории твердотельной электроники НИТИ.

E-mail: berints@mail.ru.

Костишко Борис Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, ректор, заведующий кафедрой физических методов в прикладных исследованиях.

E-mail: kost@sv.uven.ru



Рис. 1. Структурная схема импульсного радиационно-стимулированного источника питания

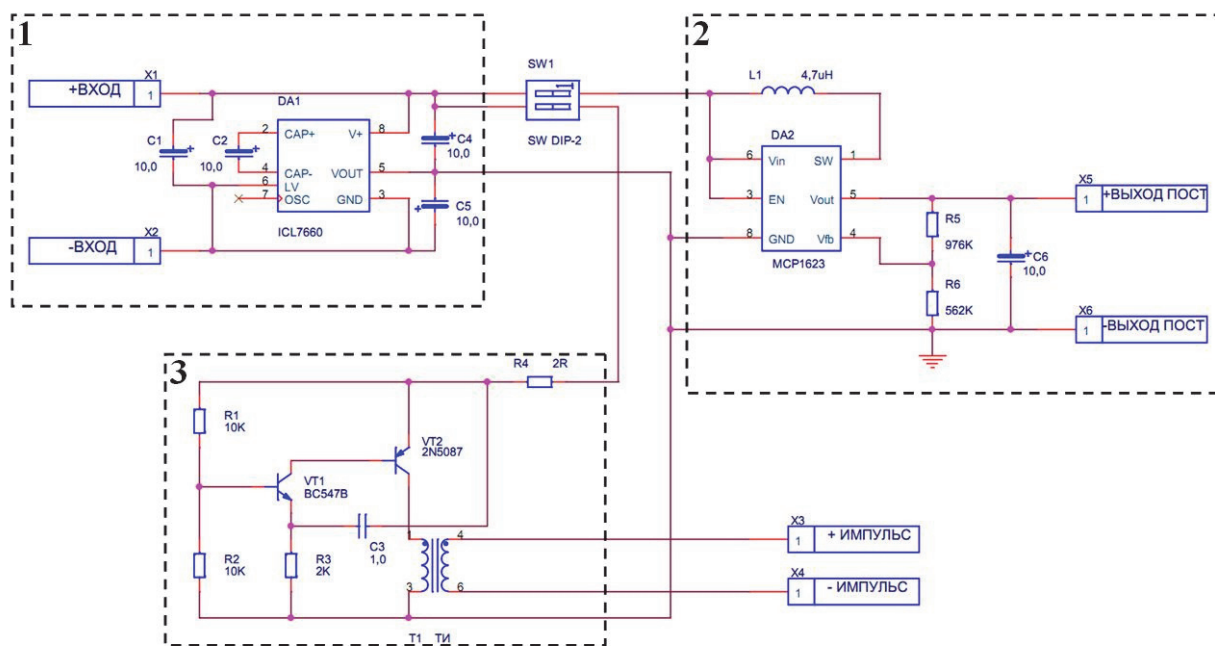


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема импульсного радиационно-стимулированного источника питания

ется контактная разность потенциалов. Если действовать блоки 1 и 2, то такой режим на выходах X5 и X6 позволяет получить преобразование импульсного низкого напряжения в высокое постоянное напряжения, а если блоки 1 и 3 то на выходе X3 и X4 радиационно-стимулированного источника импульсы тока амплитудой до сотен миллиампер. Переключение режима работы импульсного источника тока осуществляется ключом SW1.

Для моделирования работы импульсного импульсного радиационно-стимулированного элемента питания использовались экспериментальные данные, полученный в ОАО ГНЦ «НИИ Атомных реакторов», по определению генерации тока на кремниевых диодах с применением изотопа ^{63}Ni различной активности [4-5].

Моделирование работы элемента питания в импульсном режиме проводилось в системе LTspice IV согласно структурной схеме импульсного радиационно-стимулированного источника тока. При моделировании импульсного радиационно-стимулированного источника тока использована батареи из 1000 элементов включенных последовательно и парал-

лельно с общей площадью p-n-переходов около 1000 cm^2 .

В конструкции импульсного радиационно-стимулированного источника тока в соответствие со схемой удалось достигнуть увеличения выходного импульсного тока до значения 200 мА (рис. 3), импульса напряжения до значения 180 мВ (рис. 4), с длительностью импульса до 2 мс и частотой повторения порядка 800 Гц.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конструктивно, предлагаемый импульсный радиационно-стимулированный источник электрического питания с применением бета-источника ^{63}Ni активностью 40 мКи может представлять собой герметичный корпус с выведенными наружу клеммами для подключения полезной нагрузки с небольшими габаритными размерами, временем работы более 50 лет и мощностью около 3,6 мВт.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

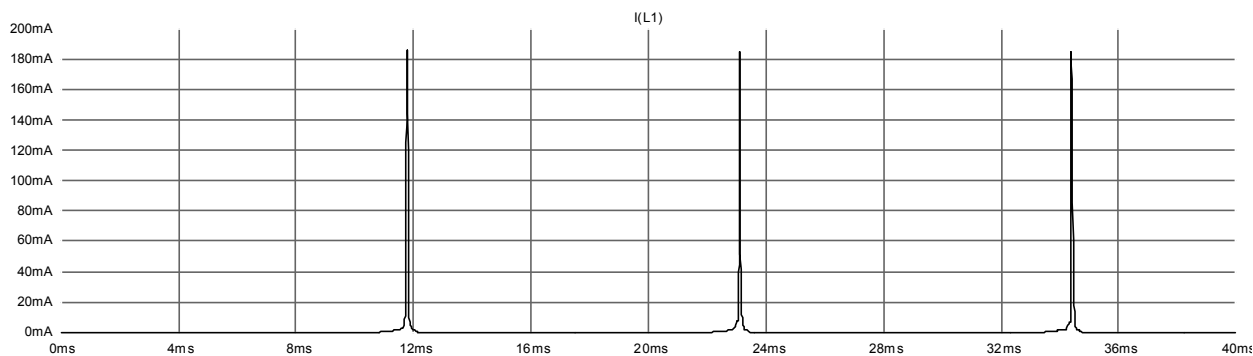


Рис. 3. Импульс тока на выходе автономного источника импульсного электрического питания

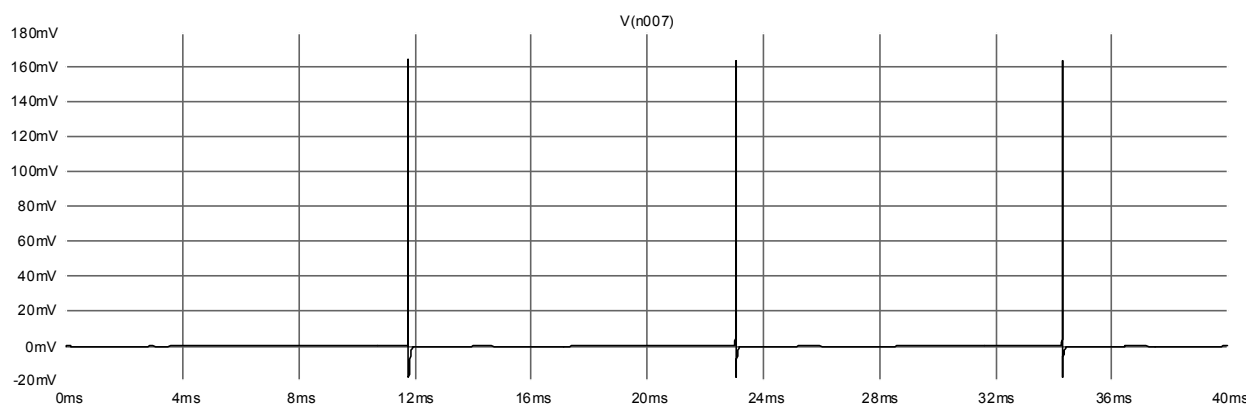


Рис. 4. Импульс напряжения на выходе автономного источника импульсного электрического питания

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang Z.L. Song J. Piezoelectric Nanogenerators Based on Zinc Oxide Nanowire Arrays // Science. 2006. V.312. P. 243.
2. RF Energy Harvesting with Multiple Antennas in the Same Space / M. Mi [et al.] // IEEE Antennas and Propagation Magazine. 2005. V. 47. N. 5. P. 100-105.
3. Guo H., Lal A. Nanopower betavoltaic microbatteries // The 12th International Conference on Solid State Sensors, Actuators and Microsystems (Boston, 2003). Boston, 2003. P. 36-39.
4. Пчелинцева Е.С. [и др.]. Моделирование радиационно-стимулированного источника тока на рип структурах // Известие вузов. Поволжский регион. 2009. №3(11). С.113-125.
5. Пчелинцева Е.С. [и др.]. Радиационно-стимулированный источник энергии на основе изотопа никель-63 // ВАНТ. Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 2011. Вып. 1. С.65-69.

PULSED RADIATION-INDUCED POWER SOURCE

© 2012 E.S. Pchelintseva, S.G. Novikov, A.V.Berintsev, B.M. Kostishko

Ulyanovsk State University

The present work reports modeling of ^{63}Ni based pulse radiation-induced power source. Modeling has been performed in LTspice IV system according to the structure chart of pulse radiation-induced power source that comprises inventor based on switched capacitors, pulse oscillator, and betavoltaic cell. Cell power is 3,6 mW for operating circuit in pulsed modes.

Key words: betavoltaic effect; radiation-induced power generation; modeling of physical processes.

Ekaterina Pchelintseva, Candidate of Physics and Mathematics, Head at the Probe and Electron Microscopy Laboratory of Research Institute of Technology. E-mail: nanolabniti@gmail.com

Sergei Novikov, Candidate of Technics, Head at the Solid State Electronics Laboratory of Research Institute of Technology. E-mail: novikovsg@ulsu.ru

Alexei Berintsev, Researcher, at the Solid State Electronics Laboratory of Research Institute of Technology. E-mail: berints@mail.ru

Boris Kostishko, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Rector, Head at the Physical Methods in Applied Researches Department. E-mail: kost@sv.uven.ru