

уменьшаться, но их совместное действие повышает надежность возврата якоря в исходное положение и уменьшает время обратного хода. В переключающих схемах это позволяет увеличить силы  $F_b$  и повысить надежность срабатывания микрореле в диапазоне СВЧ. Реализация такого режима достигается кратковременным увеличением тока при переключении в  $n$  раз, что согласно формуле (1) повысит  $F$  в  $n^2$  раз при неизменной величине  $P$ .

### Выводы

Электротоковое микрореле предложенной конструкции работает от взаимодействия электромагнитных сил, возникающих между двумя идентичными меандровыми участками электрической цепи с одинаковым или противоположным направлением тока. По величине токи в меандровых участках могут быть равными и неравными.

Изменение направления действия электромагнитных сил в конце прямого хода подвижного якоря с притяжения на отталкивание при противоположном направлении протекания электрического тока через меандровые участки позволяет повысить скорость возврата якоря в исходное положение и надежность срабатывания.

Электротоковое микрореле может успешно работать в слаботочных электрических пороговых, регулирующих, высокочастотных устройствах.

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Дятлов В. А., Коняшкин В. В., Потапов Б. Е., Фадеев С. И. Пленочная электромеханика.— Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1991. [Diatlov V. A. Novosibirsk. Nauka. 1991]
2. Chan E. K., Dutton R. W. Effects of capacitors, resistors and residual charge on the static and dynamic performance of electro-

statically-actuated devices // Proc. of SPIE.— 1999.— Vol. 3680.— P. 120—130.

3. Мухуров Н. И., Ефремов Г. И., Куданович О. Н. Устройства микромеханики и микросенсорики на нанопористом анодном оксиде алюминия.— Минск: Бестпринт, 2005. [Mukhurov N. I., Efremov G. I., Kudanovich O. N. Minsk. Bestprint. 2005]

4. Petersen K.E. Silicon as a Mechanical Material // IEEE.— 1982.— Vol. 70, N 5.— P. 420—457.

5. Ефремов Г. И., Мухуров Н. И. Функциональные возможности электростатических микрореле по результатам моделирования // Тр. науч.-техн. конф. «Кибернетика и технологии XXI века».— Россия, г. Воронеж.— 2001.— С. 499—508. [Efremov G. I., Mukhurov N. I. // Tr. nauch.tekhn. konf. «Kibernetika i tekhnologii KhKhI veka». Russia, Voronezh. 2001. P. 499]

6. Nah D., Yoon T., Hong S. A low-voltage actuated micromachined microwave switch using torsion springs and leverage // IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques.— 2000.— Vol. 48, N 12.— P. 2540—2543.

7. Pat. 4959515 USA. Micromechanical electric shunt and encoding devices made therefrom / P. M. Zavracky, R. H. Morrison Jr.— 25.09 1990.

8. Efremov G. I., Mukhurov N. I., Galdetskiy A. V. Analysis of electromechanical parameters of electrostatic microrelay with a movable elastic cantilever electrode // Design, Test, Integration and Packaging of MEMS/MOEMS.— Paris.— 2000.— Vol. 4019.— P. 580—585.

9. Алексенко А. Г., Балан Н. Н. Анализ эффекта схлопывания электродов электростатических актюаторов в MEMS- и NEMS-устройствах // Нано- и микросистемная техника.— 2005.— № 7.— С. 31—41. [Aleksenko A. G., Balan N. N. // Nano i mikrosistemnaya tekhnika. 2005. N 7. P. 31]

10. Пат. 2667 РБ. Электростатическое микрореле / И. Л. Григоршин, Г. И. Ефремов, Н. И. Мухуров.— 1996. [Pat. 2667 RB. / I. L. Grigorishin, G. I. Efremov, N. I. Mukhurov. 1996]

11. Кухлинг Х. Справочник по физике.— М.: Мир, 1983. [Kukhling Kh. Moscow. Mir. 1983]

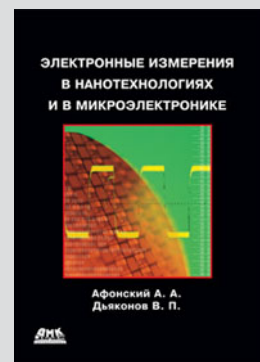
12. Справочник машиностроителя. Т. 3 / Под ред. С. В. Серенсена.— М.: Mashgiz, 1955. [Pod red. S. V. Serensena. Moscow. Mashgiz, 1955]

### НОВЫЕ КНИГИ

НОВЫЕ КНИГИ

#### Афонский А. А., Дьяконов В. П. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике.— М.: ДМК Пресс, 2011 г.— 688 с.

Первая в России книга по самым современным электронным электро- и радиоизмерениям и измерительным приборам, применяемым в научных исследованиях, тестировании и испытании устройств и систем микроэлектроники и нанотехнологий. Впервые подробно описаны средства измерений, применяемые в условиях крупносерийного микроэлектронного производства, и приборы ведущих в их разработке и производстве фирм: Keithley, Tektronix, Agilent Technologies, LeCroy, R&S и др. Особое внимание уделено анализу и генерации тестовых сигналов, измерению их параметров в области малых и сверхмалых значений времени, измерению сверхмалых токов и напряжений, анализу импеданса и иммитанса цепей, измерениям статических и динамических характеристик полупроводниковых приборов и интегральных микросхем и др. Самый крупный обзор современных зарубежных и отечественных измерительных приборов на рынке России и мира. Для инженеров, научных работников, аспирантов, преподавателей и студентов вузов и университетов технического и классического типов.



\*\*\*

Таким образом, проведенные исследования показывают, что предложенная конструкция  $p-i-n$ -фотодиода на основе высокоомного кремния  $p$ -типа проводимости обеспечивает минимальные потери токовой монохроматической чувствительности на длине волны 1,06 мкм (не более 15%) при меньших (примерно на порядок), по сравнению с серийными фотодиодами, значениях темнового тока.

Такой фотодиод может быть рекомендован в качестве базовой конструкции для разработки серийных изделий.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. Т. 2.— М.: Мир, 1984. [Zi S. M.: Mir, 1984]
2. Добровольский Ю. Г., Ащеулов А. А. Особливості конструкції та технології кремнієвих  $p-i-n$ -фотодіодів // Фізика і хімія твердого тіла.— 2001.— Т. 2, № 3.— С. 441—447. [Dobrovols'kii Yu. G., Ashcheulov A. A. // Fizika i khimiya tverdogo tila. 2001. Vol. 2, N 3. P. 441]
3. Dobrovolskiy Yu. G., Danilyuk A. I. Estimation of photodiode frequency characteristics determined by motion of charge carriers in the space charge region. The case of even generation of carriers // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics.— 2009.— Vol. 12, N 1.— P. 77—82.
4. Астахов В. П., Гиндин Д. А., Карпов В. В., Сорокин К. В. О влиянии сопротивления поверхностного канала на темновой ток квадрантных  $p-i-n$ -фотодиодов на кремнии // Прикладная физика.— 1999.— № 2.— С. 79—85. [Astakhov V. P., Gindin D. A., Karpov V. V., Sorokin K. V. // Prikladnaya fizika. 1999. N 2. P. 79]
5. Декларативний патент України на винахід № 66666 А. Фотодіод // С. Ю. Башкіров, В. М. Годованюк, Ю. Г. Добровольський та ін.— 2004.— Бюл. № 5. [Deklaratsiiniy patent Ukrayini na vinakhid N 66666 A. // S. Yu. Bashkirov, V. M. Godovanyuk, Yu. G. Dobrovols'kii ta in. 2004. Bull. N 5]
6. Ащеулов А. А., Романюк И. С., Добровольский Ю. Г. и др. Охладители Пельтье повышенной надежности для фотоприемников // Прикладная физика.— 2003.— Вып. 2.— С. 114—117. [Ashcheulov A. A., Romanuk I. S., Dobrovols'kii Yu. G. i dr. // Prikladnaya fizika. 2003. Vyp. 2. P. 114]

7. Вайнер А. Л. Каскадные термоэлектрические источники холода.— М.: Сов. Радио, 1976. [Vainer A. L. Moscow. Sov. Radio, 1976]
8. Добровольский Ю. Г., Комаров Е. В., Биксей М. П. Двухспектральный фотоприемник // Технологии и конструирование в электронной аппаратуре.— 2005.— № 3.— С. 18—22. [Dobrovols'kii Yu. G., Komarov E. V., Biksei M. P. // Tekhnologii i konstruirovaniye v elektronnoy apparature. 2005. N 3. P. 18]
9. Освенкий В. Б., Шифрин С. С. Закономерности размножения дислокаций в совершенных кристаллах полупроводников // В кн.: Динамика дислокаций.— Киев: Наукова думка, 1975.— С. 328—368. [Osvenkii V. B., Shifrin S. S. // V kn.: Dinamika dislokatsii. Kiev: Naukova dumka, 1975. P. 328]
10. Ащеулов А. А., Добровольский Ю. Г., Годованюк В. М. та ін. Технологічний метод зменшення темнового струму кремнієвих  $p-i-n$ -фотодіодів // Науковий вісник Чернівецького університету.— 1998.— Вип. 32.— С. 135—142. [Ashcheulov A. A., Dobrovols'kii Yu. G., Godovanyuk V. M. ta in. // Naukovii visnik Chernivets'kogo universitetu. 1998. Iss. 32. P. 135]
11. Косевич Н. А. Физическая механика реальных кристаллов.— Киев: Наукова думка, 1981. [Kosevich N. A. Kiev: Naukova dumka, 1981]
12. Meek R. L., Seidl Tt. E., Gullis A. G. Diffusion gettering of Au and Cu in silicon // Journal of the Electrochemical Society.— 1975.— Vol. 122, N 6.— P. 784—786.
13. Ascheulov A. A., Godovanyuk V. M., Dobrovolskiy Yu. G. et al. Silicon  $p-i-n$ -photodiode with little value dark proceed // Proceedings of SPIE.— 1999.— Vol. 3890.— P. 119—124.
14. Паспортные данные на фотодиоды [электронный ресурс]. ОАО «Кварц»: — Режим доступа: <http://www.quartz.cv.ua/products/index.html> [Pasportnye dannye na fotodiody [elektronnyi resurs]. ОАО «Kvarts»: — Rezhim dostupa: <http://www.quartz.cv.ua/products/index.html>]
15. ГОСТ 17772-88. Приемники излучения полупроводниковые фотоэлектрические и фотоприемные устройства. Методы измерения фотоэлектрических параметров и определение характеристик. [ГОСТ 1777288.]
16. Dobrovolskiy Yu. G., Danilyuk A. I. Estimation of the frequency descriptions of photodiode, determined by motion of transmitters of charge in area of spatial charge // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics.— 2006.— Vol. 9, N 3.— P. 40—43.
17. Danilyuk A.I., Dobrovolskiy Yu. G. Estimation of the frequency descriptions of a photodiode, determined by the motion of charge carriers in the space charge region on the surface generation of carriers // Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics.— 2007.— Vol. 10, N 3.— P. 91—94.

#### НОВЫЕ КНИГИ

**Редькин П. Микроконтроллеры Atmel архитектуры AVR32 семейства AT32UC3 (+ DVD-ROM).— М.: Техносфера, 2010 г.— 784 с.**

Предлагаемая книга является законченным справочным пособием и руководством по применению 32-разрядных микроконтроллеров архитектуры AVR32 фирмы Atmel семейства AT32UC3.

Книга содержит подробную справочную информацию о большинстве выпускаемых в настоящее время устройств этого семейства. Помимо сведений справочного характера книга включает обширную информацию по программным инструментальным средствам разработки приложений для AT32UC3: IDE IAR Embedded Workbench for AVR32 от IAR, IDE AVR32Studio от Atmel и аппаратным инструментальным средствам от Atmel. В книге также приводятся описания свободно распространяемых производителем примеров приложений для AT32UC3, протестированных автором. Изложенная в книге информация охватывает все этапы проектирования приложений на основе AT32UC3, что позволяет в короткие сроки овладеть навыками работы с этими микроконтроллерами даже начинающим разработчикам. К книге прилагается DVD-диск, содержащий бесплатные демоверсии описанного в ней инструментального программного обеспечения, исходные коды описанных проектов, оригинальную справочную информацию производителя и другие информационные и справочные материалы. Книга предназначена для специалистов в области разработки электронной аппаратуры, студентов технических вузов и других лиц, интересующихся электроникой. Необходимый уровень подготовки читателей предполагает знание основ цифровой и аналоговой схемотехники, а также основ программирования на языке С.

