

выделяется линия, являющаяся линией раздела подложки и суспензии с частицами.

В данной работе был реализован пространственный трекинг частиц диоксида титана при введенном в оптическую систему астигматизме. Точность измерения вертикальной координаты определялась по величине разброса при исследовании изображений частиц после испарения жидкости и вертикальном смещении объекта. Точность определения вертикальной координаты составила около 200нм при диапазоне измерений, равном 30 мкм.

Работа выполнена при поддержке российского фонда фундаментальных исследований номер договора: 20-42-740008\20.

#### Список использованных источников

1. Betzig E. et al. Breaking the diffraction barrier: optical microscopy on a nanometric scale //Science. – 1991. – Т. 251. – №. 5000. – С. 1468-1470.

2. Hartschuh A. et al. High-resolution near-field Raman microscopy of single-walled carbon nanotubes //Physical Review Letters. – 2003. – Т. 90. – №. 9. – С. 095503.

3. Miklyaev Y. V., Asselborn S. A., Gerasimov A. M. Optical near-field scanning by microparticles suspended in immersion fluid //Technical Physics Letters. – 2014. – Т. 40. – С. 640-643.

Зацепин Евгений Сергеевич, студент магистратуры, каф. «Оптоинформатика», therussianjeatt@gmail.com.

Ассельборн Сергей Александрович, к.ф.-м.н., с.н.с., лаборатория сенсорики, aborn@mail.ru.

Исаков Денис Сергеевич, н.с., лаборатория сенсорики, isakovds@susu.ru.

Герасимов Александр Михайлович, к.ф.-м.н., с.н.с., лаборатория сенсорики, доцент, каф. «Оптоинформатика», gerasimovam@susu.ru

Пихуля Денис Григорьевич, к.ф.-м.н., с.н.с., лаборатория сенсорики, доцент, каф. «Оптоинформатика», pikhuliadg@susu.ru.

Микляев Юрий Владимирович, д.ф.-м.н., в.н.с., лаборатория сенсорики, профессор, каф. «Физика наноразмерных систем», miklyaev@mail.ru.

УДК 004.332.34

## ОПТИМИЗАЦИЯ БЛОКА ТЕСТИРОВАНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ

А.А. Бобров

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

**Ключевые слова:** тестирование вычислительных систем, запоминающие устройства, маршевые тесты памяти, многократное тестирование.

Наибольшее применение в диагностике технического состояния запоминающих устройств нашли такие системы, как ВССТ (встроенная система самотестирования). Они могут обнаруживать разные виды неисправностей в зависимости от их архитектуры [1]. Для их диагностирования выделяют так называемые традиционные тесты и маршевые тесты [2].

В связи с большим объемом запоминающих устройств их тестирование оказывается возможным только с применением маршевых тестов, временная сложность реализации которых линейно зависит от емкости  $N$  памяти [3]. Маршевый тест состоит из конечной последовательности маршевых элементов, называемых фазами, каждая из которых представляет конечную последовательность операций записи и чтения, применяемых к каждой ячейке памяти перед переходом к следующей ячейке [4].

Исследуются математические модели неисправностей запоминающих устройств и используемые методы тестирования наиболее сложных из них на базе классических маршевых тестов. Выделяются пассивные кодочувствительные неисправности (PNPSFk), в которых участвуют произвольные  $k$  из  $N$  ячеек памяти, где  $k \ll N$ , а  $N$  представляет собой емкость памяти в битах [5].

Исследуется эффективность однократного применения тестов типа MATS++, March C- и March PS для различного количества  $k \leq 9$  ячеек памяти, участвующих в неисправности PNPSFk [6].

В данной работе проведен анализ, оптимизация и моделирование блока тестирования статической памяти с использованием языка описания аппаратуры Verilog HDL.

Был выбран маршевый тест March C-, так как он обеспечивает высокую полноту обнаружения традиционных неисправностей. Представлена оптимизация маршевого теста по критерию времени тестирования, что позволило практически в два раза сократить выполнение алгоритма, но повлияло на обнаружение неисправностей перехода. Помимо этого, приведена топология и проведен ее логический синтез на уровне стандартных ячеек.

#### Список использованных источников

1. Suk, D.S. A march test for functional faults in semiconductor random-access memories [Text] / D.S. Suk, S.M. Reddy. – IEEE transactions on computers, 1981. – P.982-985.
2. Иванюк, А.А. Определение тестовых наборов для обнаружения неисправностей адресных линий ОЗУ [Текст] / А.А. Иванюк, А. А.В. Степанов. – Информатика, 2008. – 84- 93 с.
3. Goor, A. J. Testing Semiconductor Memories: Theory and Practice / A. J. Goor. – Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1991. – P. 536 p.

4. Knaizuk, J.J. An algorithm for testing random access memories [Text] / J.J. Knaizuk, C.R.P. Hartman. – IEEE transactions on computers, 1977. – P.414-416.

5. Ярмолик, В. Н. Контроль и диагностика вычислительных систем / В. Н. Ярмолик. – Минск: Бест- принт, 2019. – 387 с.

6. Wang, L.-T. VLSI Test Principles and Architectures: Design for Testability / L.-T. Wang, C.-W. Wu, X. Wen. – Amsterdam: Elsevier, 2006. – 808 p.

Бобров Александр Андреевич, студент гр. 6282-030401D, aleksandr.bobrov.99@mail.ru

УДК 621.396:620.3

## ТЕРАГЕРЦОВАЯ ФРАКТАЛЬНАЯ ГРАФЕНОВАЯ ПАТЧ-НАНОАНТЕННА ТИПА «КОВЕР СЕРПИНСКОГО»

Р.А. Браже, Е.Ю. Лебедев

Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск

В современных системах беспроводной связи, особенно в терагерцовом диапазоне частот, огромную роль играют компактные широкополосные антенны, выполненные с использованием нанотехнологий. Этим требованиям в значительной мере удовлетворяют фрактальные наноантенны на графене [1–5]. При этом возникают определенные сложности, связанные с необходимостью учета симметрии строения кристаллической решетки графена и распространения в нем не просто электромагнитных волн, а их связанных состояний с волнами зарядовой плотности – поверхностных плазмон-поляритонов.

В настоящей работе предлагается модель графеновой патч-наноантенны в виде фрактальной структуры типа треугольного ковра Серпинского (рис. 1). Графеновая (Gr) структура нанесена на диэлектрическую подложку  $D$  из карбида кремния (SiC) и находится под затворным напряжением  $V_G$ , приложенным между Gr и металлическим электродом  $M$ , на котором смонтирована антенна.

Пренебрегая затуханием поверхностных плазмон-поляритонов (SPP) на масштабах порядка 10 нм, дисперсионное уравнение для них можно записать в виде [6]

$$\frac{\varepsilon_1}{\sqrt{(\hbar c q)^2 - \varepsilon_1 (\hbar \omega)^2}} + \frac{\varepsilon_2}{\sqrt{(\hbar c q)^2 - \varepsilon_2 (\hbar \omega)^2}} = \frac{4\alpha\mu_c}{(\hbar \omega)^2}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  – соответственно относительные диэлектрические проницаемости диэлектриков сверху и снизу графена;  $\alpha = e^2 / (4\pi\varepsilon_0\hbar c) \approx 1/137$  – постоянная тонкой структуры;  $\mu_c$  – химический потенциал (энергия Ферми), связанный с двумерной электропроводностью среды следующим выражением:  $\sigma = i4\sigma_0\mu_c / (\pi\hbar\omega)$ ;  $\sigma_0 = e^2 / (4\hbar)$ ;  $\hbar$  – приведенная постоянная Планка;  $c$  – скорость света в вакууме;  $q$  – волновое число SPP,  $\omega$  – циклическая частота колебаний.