



УДК 681.78 + 681.7.062

DOI: 10.22184/1993-8578.2020.13.4s.498.499

**Расчет параметров электростатического управления  
торсионным микрозеркалом на базе тонкопленочной  
мембранной структуры**

**Calculation of the Parameters of Electrostatic Control of a Torsional  
Micromirror Based on a thin-film Membrane Structure**

**Белова С. Д.<sup>1</sup>, Чиненков М. Ю.<sup>1,2</sup>, к. ф.-м. н., Орешкин Г. И.<sup>2</sup>, к. ф.-м. н.,  
Демин Г. Д.<sup>2</sup>, к. ф.-м. н., Ким П. П.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ООО «МИКРОФОТОНИКА»

248000, г. Калуга, ул. Первомайская, 37

[mikrofotonika@inbox.ru](mailto:mikrofotonika@inbox.ru)

<sup>2</sup> ЦКП «Микросистемная техника и электронная компонентная база»,  
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

124527, г. Москва, г. Зеленоград, Солнечная аллея, 6

[gddemin@edu.miet.ru](mailto:gddemin@edu.miet.ru)

**Belova S. D.<sup>1</sup>, Chinenkov M. Y.<sup>1</sup>, Oreshkin G. I.<sup>2</sup>, Ph.D, Kim P. P.<sup>2</sup>,  
Demin G. D.<sup>2</sup>, Ph.D**

<sup>1</sup> MIKROFOTONIKA LLC

37 Pervomayskaya St., Kaluga, 248000

[mikrofotonika@inbox.ru](mailto:mikrofotonika@inbox.ru)

<sup>2</sup> R&D Center "MEMSEC",

National Research University of Electronic Technology (MIET)

6 Solnechnaya Alley, Zelenograd, Moscow, 124527

[gddemin@edu.miet.ru](mailto:gddemin@edu.miet.ru)

Проведено моделирование электростатической деформации микрозеркала, состоящего из диэлектрической мембраны, закрепленной на упругом торсионном подвесе. Получены зависимости углового положения мембраны от амплитуды и частоты управляющего напряжения.

**Ключевые слова:** цифровое микрозеркальное устройство; торсионное микрозеркало; МЭМС-технология; электростатическая деформация; тонкопленочная диэлектрическая мембрана.

The simulation of electrostatic deformation of a micromirror consisting of a dielectric membrane fixed on an elastic torsion-bar suspension has been carried out. The dependences of the angular position of the membrane on the amplitude and frequency of the driving voltage have been obtained.

**Keywords:** digital micromirror device; torsion micromirror; MEMS technology; electrostatic deformation; thin-film dielectric membrane.

Использование МЭМС-матрицы микрозеркал представляется привлекательным для управления пространственным направлением широких оптических пучков различных спектральных диапазонов, что в первую очередь связано с достаточно высокой частотой переключения (в кГц-диапазоне) углового положения матричных элементов. Одним из наиболее быстрых способов переключения микрозеркала является его электростатическая деформация, однако негативный



эффект «залипания», возникающий в случае соприкосновения подвижной части мембраны с поверхностью управляющих электродов, а также высокие управляющие напряжения представляют серьезную проблему на пути реализации надежно работающего и энергоэффективного оптического устройства. В данном контексте конструкция микрзеркала с торсионным подвесом обеспечивает хороший динамический отклик и малую вероятность электростатического контакта мембраны с электродами. В текущей работе было проведено численное моделирование динамических характеристик переключения торсионного микрзеркала, состоящего из мембраны прямоугольной формы, расположенной на упругом торсионном подвесе. Установлена зависимость углового положения мембраны от амплитуды и частоты напряжения, подаваемого на управляющие электроды. Проведен анализ усталости конструкции микрзеркала при заданной частоте приложенного напряжения. Найдены оптимальные геометрические параметры мембраны и подвеса, обеспечивающие минимальные напряжения, необходимые для переключения микрзеркала. Полученные результаты могут быть применимы для разработки оптических переключателей и высокоскоростных модуляторов на базе МЭМС-матриц микрзеркал.

*Работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям (грант № 424ГР/57265 от 20.02.2020) с использованием оборудования центра коллективного пользования «Микросистемная техника и электронная компонентная база» МИЭТ.*

The use of a MEMS array of micromirrors seems to be attractive for controlling the spatial direction of wide optical beams over various spectral ranges, which is primarily associated with a rather high switching frequency (in the kHz range) of the angular position of array elements. One of the fastest ways to switch a micromirror is its electrostatic deformation, but the negative pull-in effect that occurs when the moving part of the membrane comes into contact with the surface of the control electrodes, as well as high driving voltages represent a serious problem on the way of implementing a reliable and energy efficient optical device. In this context, the design of the micromirror with a torsion suspension provides a good dynamic response and a low probability of electrostatic contact of the membrane with the electrodes.

In this work we have performed a numerical simulation of the dynamic characteristics of switching a torsion micromirror consisting of a rectangular membrane located on an elastic torsion suspension. The dependences of the angular position of the membrane on the amplitude and frequency of the voltage applied to the control electrodes were obtained. The fatigue analysis of the micromirror structure at a given frequency of the applied voltage was carried out. The optimal geometric parameters of the membrane and suspension have been found, which provide the minimum voltages required for switching the micromirror.

The results obtained can be used in the development of optical switches and high-speed modulators based on MEMS arrays of micromirrors.

*The work was supported by the FASIE (Grant № 424GR/57265 from 20.02.2020) and conducted using the equipment of Multi-access center “Microsystem technics and electronic component base” MIET.*