

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 535.421

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

© 2021 г. В. С. Корнеев, С. Л. Шергин

Поступила в редакцию 01.03.2021 г.

После доработки 13.03.2021 г.

Принята к публикации 19.03.2021 г.

DOI: 10.31857/S0032816221040200

Микроэлектромеханические системы (м.э.м.с.) широко применяются для управления и контроля, в том числе в оптоэлектронике для пространственного управления потоками излучения.

Экспериментальные образцы описанных в данной работе м.э.м.с. [1] были изготовлены Новосибирским заводом полупроводников (НЗПП) методом объемного жидкостного травления кремниевых пластин и представляют собой массив из 50-ти одинаковых микрозеркал, торсионно закрепленных на общей раме (размеры микрозеркал: длина 5 мм, ширина 100 мкм, толщина 3 мкм). Магнитные диполи были получены вакуумным напылением армко-железа на тыльную поверхность микрозеркал, толщина пленки 0.5 мкм, объем слоя ферромагнитного материала на одном микрозеркале – $25 \cdot 10^{-14} \text{ м}^3$.

Управление угловым положением торсионных микрозеркал – электромагнитное, с помощью переменного тока, индуцирующего магнитный поток в замкнутой магнитной цепи. Переменное магнитное поле в воздушном зазоре этой цепи намагничивает магнитные диполи в направлении, перпендикулярном продольной оси торсионов, и создает вращающий момент, синхронно поворачивающий все микрозеркала вокруг их продольных осей на угол δ_x относительно плоскости чипа. Световой поток, отраженный от поверхности средней части микрозеркал, отклоняется при этом на угол $\Delta\varphi = 2\delta$.

Для проверки расчетных параметров м.э.м.с. в статическом и динамическом режимах функционирования собран измерительный стенд, фото и схема которого представлены на рис. 1. Заданы следующие параметры управления отраженным световым потоком: диаметр 3–5 мм, амплитуда угла отклонения от вертикального положения 5° , диапазон частот сканирования отраженным потоком 0.1–10 кГц. В качестве источника излуче-

ния использовался полупроводниковый лазер с длиной волны 650 нм и диаметром пучка 3 мм, работающий в импульсном режиме с частотой 100 Гц и длительностью одного импульса 7.5 мс.

Экспериментальный образец м.э.м.с. 1 (см. рис. 1б) размещен в средней части воздушного зазора под углом 45° к силовым линиям вектора магнитной индукции. Магнитное поле в воздушном зазоре магнитной цепи создавалось электрическим током, протекающим по виткам катушки 3, находящейся в средней части W-образного ферритового сердечника 2. В магнитопроводе 4 выполнены отверстия для входящего 5 и выходящего 6 световых потоков, размеры отверстий выбраны, исходя из указанных выше параметров управления отраженным потоком. Индукция магнитного поля измерялась датчиком Холла SS49E с чувствительностью 1.75 мВ/Гс в отсутствие экспериментального образца в воздушном зазоре. Угол отклонения $\Delta\varphi$ светового пучка от вертикального положения определялся как арктангенс отношения перемещения центра светового пучка на экране к расстоянию от поверхности микрозеркал до экрана.

В статическом режиме наибольшее значение угла отклонения $\Delta\varphi$, равное $3^\circ 50'$, было достигнуто при токе в катушке $I = 4.5 \text{ А}$, которому соответствует значение магнитной индукции в воздушном зазоре $B = 63 \text{ мТл}$.

Зависимости угла отклонения $\Delta\varphi$ от силы тока I в катушке и от магнитной индукции B в воздушном зазоре представлены на рис. 2.

В динамическом режиме частота колебаний торсионных микрозеркал равна удвоенной частоте переменного тока катушки. При возрастании частоты переменного тока вследствие роста индуктивного сопротивления катушки действующее значение силы тока снижалось, также уменьшались магнитная индукция в воздушном зазоре

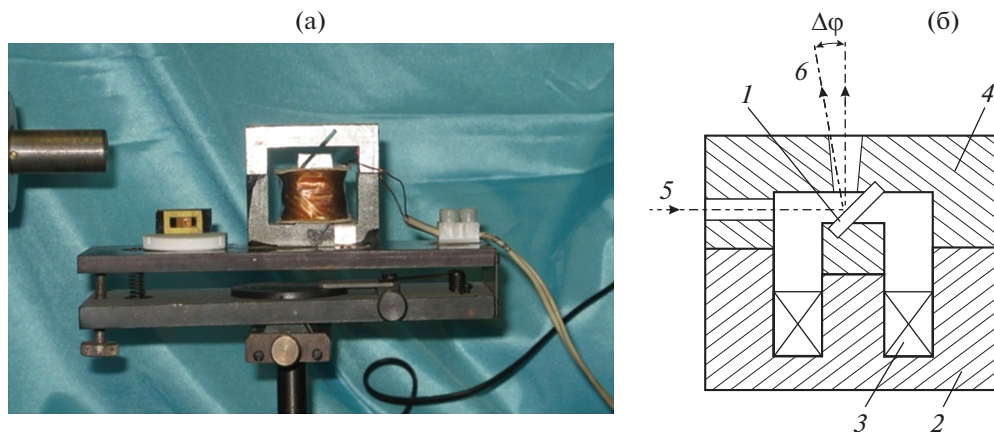


Рис. 1. Фотография (а) и схема (б) измерительного стенда.

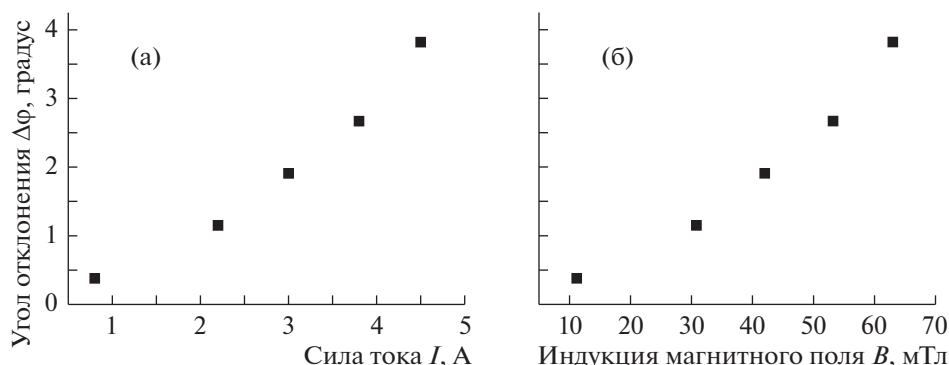


Рис. 2. Зависимости угла отклонения светового потока Δφ: а — от силы тока I в катушке; б — от магнитной индукции B в воздушном зазоре.

магнитопровода и амплитуда угла отклонения светового потока.

Измерения амплитуды угла отклонения показали, что на частоте сканирования 100 Гц угол отклонения светового потока уменьшался до 3°40', на частоте 1 кГц его величина составила 1°23', а на частоте 5 кГц — 0°56'.

Таким образом, с использованием представленного стенда было показано, что образцы м.э.м.с. с электромагнитным управлением отклоняют световой поток диаметром 3 мм в статическом режиме функционирования в пределах угла 3°50'. Средняя чувствительность экспериментального стенда для статического режима составила 0.94°/А.

Представленные в работе м.э.м.с. обеспечивают управление излучением произвольной длины волны и степени когерентности, а описанный измерительный стенд может быть оптимизирован под заданные параметры управления световыми потоками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корнеев В.С. // Вестник СГГА. 2010. Вып. 1. № 12. С. 177.

Адрес для справок: Россия, 630180, Новосибирск, ул. Плеханова, 10; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, кафедра физики, тел. (383)343-29-33. E-mail:korneyv@mail.ru