

Рис.1. Повна специфікація СУ, що розробляється, при об'єктному підході

Висновки. Об'єктно-орієнтована технологія дозволяє застосувати об'єктну орієнтацію для вирішення всього кола проблем, пов'язаних зі системами управління. В основі об'єктно-орієнтованого проектування лежить уявлення про те, що систему управління необхідно проектувати як сукупність взаємодіючих один з одним об'єктів. Складовою частиною об'єктно-орієнтованої методології є об'єктно-орієнтований аналіз, який спрямований на створення моделей, більш близьких до реальності, з використанням об'єктно-орієнтованого підходу. В статті запропонована повна специфікація систем управління, яка складається з декількох моделей, що характеризують всі аспекти системи при проектуванні.

Література

1. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения : пер. с англ. / Г. Буч. – М.: Конкорд, 1992. – 519 с.
2. Молчанов А.А. Моделирование и проектирование сложных систем / А.А. Молчанов. – К.: Вища школа, 1988. – 359 с.
3. Шлеер С. Объектно-ориентированный анализ: моделирование мира в состояниях : пер. с англ. / С. Шлеер, С. Меллор. – К.: Диалектика, 1993. – 240 с.

УДК 004.713

Рябцов А.В., к.т.н. (*Одесская государственная академия холода*)

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТИПЫ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АКТУАТОРОВ ДЛЯ ОПТИЧЕСКИХ КОММУТАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

Рябцов О.В. Специальні типи п'єзоелектричних актуаторів для оптичних комутаційних пристроїв. Стаття присвячена застосуванню спіральних п'єзоелектричних елементів в якості актуаторів кутового переміщення дзеркал для комутації сигналів в сучасних повністю оптичних мережах. Показано, що застосування спіральних актуаторів дозволяє підвищити ефективність мікродзеркальних відхилюючих систем для оптичних комутаційних пристроїв.

Ключові слова: ОПТИЧНА МЕРЕЖА, ОПТИЧНА КОМУТАЦІЯ, СПІРАЛЬНИЙ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИЙ АКТУАТОР, МІКРОДЗЕРКАЛЬНА ВІДХИЛЯЮЧА СИСТЕМА

Рябцов А.В. Специальные типы пьезоэлектрических актуаторов для оптических коммутационных устройств. Статья посвящена применению спиральных пьезоэлектрических элементов в качестве актуаторов углового перемещения зеркал для коммутации сигналов в современных полностью оптических сетях. Показано, что применение спиральных актуаторов позволяет увеличить эффективность микрозеркальных отклоняющих систем для оптических коммутационных устройств.

Ключевые слова: ОПТИЧЕСКАЯ СЕТЬ, ОПТИЧЕСКАЯ КОММУТАЦИЯ, СПИРАЛЬНЫЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АКТУАТОР, МИКРОЗЕРКАЛЬНАЯ ОТКЛОНЯЮЩАЯ СИСТЕМА

Ryabtsov O.V. The special types of piezoelectric actuators for optical commutation devices. The article is devoted to application of spiral piezoelectric elements as actuators for angular moving of micro-mirrors for optic signals commutation in modern all-optical networks. It is shown that application of spiral actuators allows to increase the efficiency of the micro-mirror declining systems for optical commutation devices.

Keywords: ALL-OPTICAL NETWORKS, OPTICAL COMMUTATION SPIRAL PIEZOELECTRIC ACTUATOR, MICRO-MIRROR DECLINING SYSTEM

Введение. Стремительно увеличивающийся объем информации, передаваемой по глобальным и локальным сетям, привел к повсеместному переходу от проводных линий связи к оптоволоконным. При их несомненном преимуществе в скорости передачи информации один вопрос, касающийся организации оптоволоконных сетей, до сих пор остается нерешенным. Это вопрос коммутации оптических сигналов. Применяемые в настоящее время оптоэлектронные коммутаторы, преобразующие оптические сигналы сначала в электрические, а затем, после их коммутации, снова в оптические, не удовлетворяют современным требованиям к быстродействию, что резко ограничивает суммарную скорость передачи по сети. В настоящее время во всем мире идет активный поиск средств и методов, позволяющих полностью реализовать все преимущества оптоволоконных сетей путем устранения двойного преобразования сигналов в оптических коммутаторах.

Микрозеркальные оптические коммутаторы. Для этого разработан целый ряд устройств, относящихся к классу полностью оптических коммутаторов (ПОК), основанных на различных физических принципах, которые коммутируют сигналы путем отклонения оптических лучей, поступающих из входных оптических волокон, в выходные в соответствии с заданным алгоритмом коммутации. Наиболее широко распространены двухкоординатные ПОК на основе микроэлектромеханических систем (МЕМС), основу которых составляют управляемые зеркала с дискретным управлением, как например [1]. В коммутаторах такого типа микрозеркала образуют регулярный массив с прямоугольной структурой, причем каждое из зеркал может находиться лишь в одном из двух возможных положений, либо отражая входной световой луч в нужном направлении, либо не препятствуя его распространению. Изменение положения зеркал осуществляется при помощи различных механизмов для микроперемещений, называемых актуаторами. К настоящему времени уже разработаны МЕМС с актуаторами, действующими на основе электромагнитных, электростатических, тепловых, пьезоэлектрических и других эффектов.

Несмотря на простоту конструкции, позволяющую реализовать такие двухкоординатные МЕМС в микроминиатюрном исполнении, их основным недостатком являются плохая масштабируемость, не позволяющая добиться большой размерности коммутационной схемы, что является необходимым условием для современного ПОК.

Для увеличения размерности ПОК в настоящее время повсеместно осуществляется переход на трехкоординатные структуры МЕМС, в которых все зеркала, образующие два встречно направленных массива, могут поворачиваться с помощью актуаторов на любой угол в пределах заданного диапазона [2]. Несмотря на существенное усложнение алгоритма управления таким коммутатором, его габариты оказываются значительно меньше, чем у двухкоординатных ПОК.

Пьезоэлектрические актуаторы. В качестве актуаторов для МЕМС с произвольным углом отклонения луча могут быть использованы спиральные пьезоэлектрические элементы, предложенные авторами в [3].

Как известно, использование естественных кристаллических пьезоматериалов, таких как кварц или турмалин, а также традиционная технология их обработки, позволяли раньше получать пьезоэлементы, в основном, в форме прямоугольных пластин или дисков.

Однако применяемая в настоящее время технология изготовления пьезоэлементов обладает более широкими возможностями. Современные пьезоэлементы изготавливаются из мелкодисперсного порошка, получаемого из искусственных композиционных материалов, обладающих пьезоэлектрическими свойствами, таких как титанат бария, цирконат титаната свинца, ниобата лития и целого ряда других [4]. Необходимые размеры и требуемая геометрия элементов задаются путем прессования порошковой массы в различных пресс-формах с последующим спеканием в монолитную структуру под действием высокой температуры. Управляющие электроды образуются путем вжигания в поверхность пьезоэлементов специальной проводящей пасты. Таким образом, пьезоэлементам возможно придать практически любую форму, в том числе и форму плоских или объемных спиралей, изображенных на рис. 1.

Очевидным достоинством пьезоэлементов такой формы является возможность получения углового вращательного перемещения конца спирали под действием линейной деформации пьезоэлемента вследствие обратного пьезоэлектрического эффекта [4]. Если жестко закрепить один из концов спирали то, деформация линейного сжатия/растяжения преобразуется в деформацию кручения. Тогда, если на конце плоской или объемной спирали закрепить зеркало, как показано, например, на рис. 2, и направить в его створ оптический луч, то, подавая соответствующее напряжение на электроды пьезоэлемента 2, можно плавно изменять его линейную деформацию, и тем самым регулировать угол β поворота зеркала 4, направляя при этом входной оптический сигнал в нужный выходной канал ПОК.

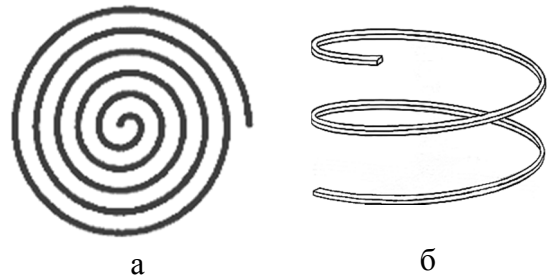


Рис. 1. Плоские (а) и объемные (б) спиральные пьезоэлементы.

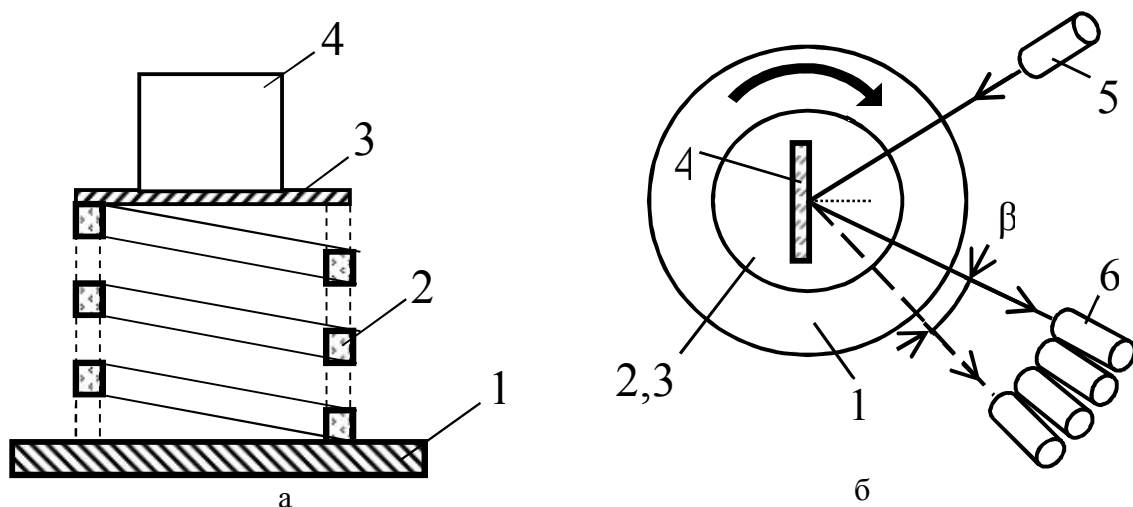


Рис. 2. ПОК со спиральным пьезоэлектрическим актуатором.

- а – вид сбоку, б – вид сверху;
 1 – неподвижное основание; 2 – спиральный пьезоэлемент;
 3 – подвижное основание зеркала; 4 – зеркало;
 5 – вход ПОК; 6 – выходы ПОК.

Преимущества спиральных актуаторов. Если геометрические размеры спиральных пьезоэлементов, такие как диаметр спирали, её шаг и количество витков, определяются, в основном, возможностями технологического процесса их изготовления, то параметры, необходимые для их применения в качестве актуаторов микрозеркальных ПОК, определяются исходным пьезоэлектрическим материалом, топологией размещения электродов на поверхности пьезоэлемента, способом закрепления одного из концов спирали в неподвижном основании и вариантом крепления зеркала на втором конце спирали. Угол

поворота зеркала, закрепленного на спирали оказывается значительно больше, чем в случае плоского линейного пьезоэлемента, при меньших общих габаритах актуатора.

Для определения угла поворота свободного конца спирального пьезоэлемента под действием приложенного к нему напряжения можно воспользоваться эмпирическими уравнениями для расчета деформаций пьезоэлементов в [4], методикой расчета цилиндрических и спиральных пружин прямоугольного сечения, изложенной в [5, 6], а также уравнениями спирали и винтовой линии, приведенными в [7].

Как известно, на предварительно поляризованную пьезопластину, находящуюся во внешнем электрическом поле E_{op} , напряженность которого совпадает с полем остаточной поляризации E_p , действует сила [4]:

$$F_{op} = q \cdot \varepsilon \cdot E_{op}, \quad (1)$$

где ε – диэлектрическая постоянная пьезоматериала; q – заряд на электродах пьезоэлемента, определяемый из выражения: $q = 8,8 \cdot 10^{-12} \cdot \varepsilon \cdot S_{\varepsilon} \cdot E_{op}$, где S_{ε} – площадь электродов на поверхности пьезоэлемента.

Очевидно, что на закрепленную спираль из пьезоэлектрического материала будут действовать несколько сил: сила Лоренца, вызывающая его линейную деформацию за счет смещения диполей, образованных в пьезоматериале остаточной поляризацией и взаимодействующих с внешним приложенным напряжением, а также силы внутренней упругости пьезоэлемента и реакция неподвижной опоры. Эти силы в совокупности образуют крутящий момент $M_{кр}$, приводящий к закручиванию спирали на угол θ , определяемый

выражением [5]: $\theta = \frac{12 \cdot M_{кр} \cdot L_0}{E_y \cdot a \cdot b^3}$, где E_y – модуль продольной упругости

пьезоматериала; a и b – соответственно, высота и ширина прямоугольного поперечного сечения спирали; L_0 – исходная длина спирального пьезоэлемента, определяемая из условия [6]: $L_0 = N \cdot \frac{\pi \cdot (D_{вн} - b)}{\cos \alpha}$, где N – число витков спирали; $D_{вн}$ – внешний диаметр спирали; b – толщина витка спирали; α – угол наклона витков спирали.

Угол наклона витков спирали связан с её геометрическими размерами уравнением [5]:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{\pi \cdot D_{cp}},$$

где t – шаг пружины; D_{cp} – средний диаметр спирали. Для спирального пьезоэлемента прямоугольного сечения: $D_{cp} = D_{вн} - \frac{1}{2} \cdot b$, $D_{вн}$ – внешний диаметр спирали.

Крутящий момент, приложенный к спирали, будет определяться выражением [6]:

$$M_{кр} = \frac{1}{2} \cdot P \cdot D_{cp}, \quad P \text{ – приложенное усилие (в данном случае сила } F_{op}\text{).}$$

Внешнее электрическое поле образуется под действием напряжения U_{op} , приложенного к электродам пьезоэлемента. Подставляя полученное значение q в (1) и учитывая, что сила внешнего электрического поля уравновешивается силами внутренней упругости пьезоэлектрика и реакцией опоры, получаем выражение для линейной деформации пьезоэлемента в пределах применимости закона Гука [4]: $\Delta_{op} = 8,8 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{\varepsilon^2 \cdot L_0 E_p}{E_y} \cdot U_{op}$

Эта линейная деформация пьезоэлемента вызывает закручивание спирали на угол θ относительно ее исходного состояния. Тогда угол β отклонения отраженного оптического луча в ПОК (см. рис. 2б) под действием приложенного напряжения, будет определяться

выражением: $\beta = 2 \cdot \theta = 3,5 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\varepsilon^2 \cdot L_0 E_p}{D_{cp} \cdot E_y} \cdot U_{op} \cos \alpha$.

Еще одним дополнительным преимуществом пьезоэлектрических спиралей является возможность секционирования электродов, расположенных на поверхности пьезоэлемента, как описано в [8], и использования отдельных секций в качестве датчиков обратной связи по положению.

Заключение. Таким образом, использование спиральных пьезоэлементов в качестве актуаторов позволяет уменьшить общие габариты, повысить точность позиционирования микрозеркал, и тем самым, существенно увеличить общую эффективность ПОК.

Литература

1. Agelis S., Jonsson M. «Optoelectronic Router with MOEMS–Based Reconfigurable Shuffle Network», Journal of Optical Networking, Optical Society of America, Vol.1, Jan 2005.
2. B. Anderson et al., «Optical Cross Connect Switch Based on Tip/Tilt Micromirrors in a White Cell», IEEE Journal Of Selected Topics In Quantum Electronics, No. 2, March/April 2003.
3. Авторское свидетельство СССР № 1105820, G 01 R 13/04. Светолучевой двухкоординатный осциллограф / Джагунов Р.Г., Ковригин В.А., Ткаченко А.А., Рябцов А.В., Крылов В.В.; опубл. 30.07.1984. БИ №28.
4. Джагунов Р.Г., Ерофеев А.А. Пьезокерамические элементы в приборостроении и автоматике. – Л.: Машиностроение, 1986.
5. Левин И.Я. Справочник конструктора точных приборов. – М.: Машиностроение, 1967.
6. Справочник конструктора точного приборостроения ; под ред. Литвина Ф.Л. – М: Машиностроение, 1964.
7. Прикладная математика [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.pm298.ru/spec23.php>
8. Авторское свидетельство СССР № 1516749. G 01 B 7/00. Датчик линейных перемещений / Джагунов Р.Г., Рябцов А.В. ; опубл.23.10.1989. БИ №39.

УДК 621.396.2;621.301.001.18

Бондарчук А.П., к.т.н. (*Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій*)

КОГНІТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ГОЛОВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІКТ

Бондарчук А.П. Когнітивні технології та головні напрями розвитку ІКТ. В роботі розглядаються нові принципи побудови мереж майбутнього та визначено головні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій. Досліджуються сучасні системи управління та радіодоступу. Запропоновано нові підходи до проектування мереж, що використовують технології штучного інтелекту.

Ключові слова: КОГНІТИВНА СИСТЕМА, МЕРЕЖА РАДІОДОСТУПУ, САМОДОСТАТНЯ МЕРЕЖА, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ГЕТЕРОГЕННА МЕРЕЖА

Бондарчук А.П. Когнитивные технологии и главные направления развития ИКТ. В работе рассматриваются новые принципы построения сетей будущего и определены главные направления развития информационно-коммуникационных технологий. Исследуются современные системы управления и радиодоступа. Предложены новые подходы к проектированию сетей, использующих технологии искусственного интеллекта.

Ключевые слова: КОГНИТИВНАЯ СИСТЕМА, СЕТИ РАДИОДОСТУПА, САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ СЕТЬ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ, ГЕТЕРОГЕННАЯ СЕТЬ

Bondarchuk A.P. Cognitive technologies and the main directions of ICT development. This paper describes the new principles of future networks and outlines the main directions of development of information and communication technologies. Modern control systems and radio are studied. New approaches to the design of networks using artificial intelligence is offered.

Keywords: COGNITIVE SYSTEMS, RADIO ACCESS NETWORK, SELF-ORGANIZING NETWORK, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, HETEROGENEOUS WIRELESS NETWORK