

И. А. Кошкин, А. Б. Смирнов

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДВУХКООРДИНАТНЫЙ ДЕФЛЕКТОР МАРКИРУЮЩЕГО ЛАЗЕРА

Исследован опытный образец двухкоординатного дефлектора с биморфными пьезоактюаторами. Проведена экспериментальная оценка его работоспособности. Предложен метод устранения погрешностей дефлектора при помощи системы управления путем коррекции напряжения.

Ключевые слова: технологическая лазерная установка, двухкоординатный дефлектор, биморфный пьезоэлектрический актюатор.

В настоящее время получили широкое распространение маркирующие лазерные установки для изготовления различных изображений на поверхности металлических и пластмассовых изделий (нанесение даты, штрих-кода, клейма производителя и т.д.). Малая зона теплового воздействия, отсутствие механической нагрузки на изделие, износостойкость маркировки, быстрая переналадка и отсутствие расходных материалов выгодно отличают лазерную маркировку от механических и электрохимических способов нанесения изображений.

При лазерной маркировке детали 1 (рис. 1, а) генерируемый в лазерном излучателе 2 луч 6 попадает на отклоняющую его систему (дефлектор) 3 и, проходя через систему линз 4, фокусируется в рабочей зоне 5 на поверхности детали.

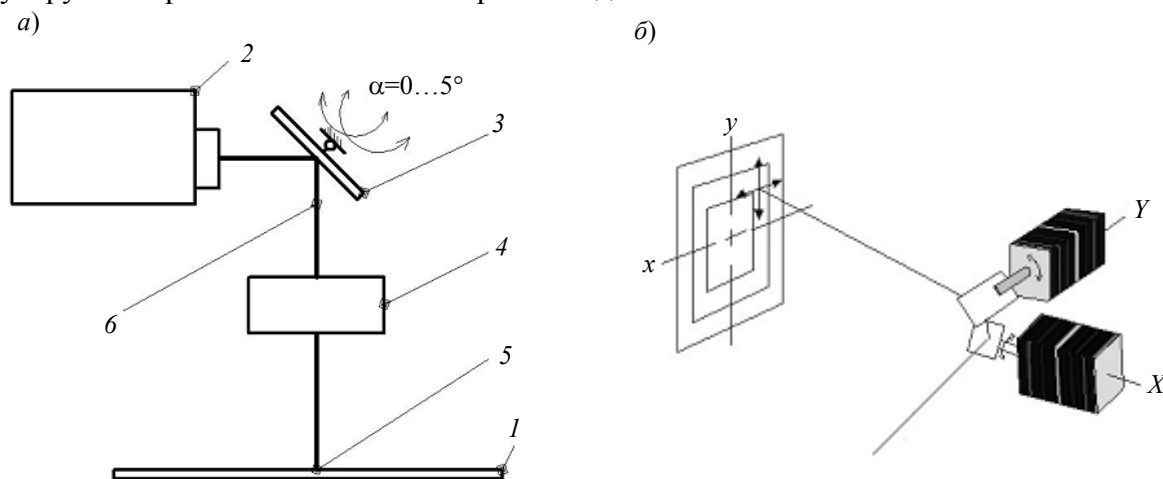


Рис. 1

Анализируя структуру маркирующей лазерной установки, можно сделать вывод, что главным фактором, влияющим на размеры и качество получаемого изображения, является система отклонения лазерного луча. На практике в качестве приводов систем отклонения лазерного излучения применяются электромагнитные и пьезоэлектрические дефлекторы.

Электромагнитные дефлекторы имеют максимальный угол качания $\pm 12,5^\circ$ и применяются для обработки поверхности размером от 50×50 до 250×250 мм при ширине следа $0,05$ — $0,1$ мм. В таких системах лазерный луч перемещается (сканирует) по двум координатам с помощью двух особо высокоточных электродвигателей с укрепленными на их осях зеркалами — сканаторов (рис. 1, б). Чаще всего используются гальванометрические сканаторы. Лазерный луч направляется на первое поворотное зеркало, укрепленное на валу X-сканатора, и отклоняется по оси x . Отклоненный таким образом луч попадает на второе зеркало Y-сканатора, установленное под углом 90° по отношению к первому. Y-сканатор осуществляет развертку луча по оси y . Такие отклоняющие системы предполагают использование очень легких зеркал.

Для отклонения лазерного луча на малые углы целесообразно применение отклоняющей системы на базе пьезопривода [см. лит.]. Это связано с тем, что обратный пьезоэффект линейен при малых значениях напряженности электрического поля, а быстродействие пьезоэлектрических приводов выше, чем электромагнитных.

Дефлекторы с пьезоприводами в большинстве случаев применяются для отклонения лазерного луча на углы до $\pm 5^\circ$ при обработке поверхности размером до 10×10 мм при ширине следа $0,015$ мм. Основными производителями подобных систем являются компании “Microvision”, “Motion Instruments Piezo Systems” (обе — США) и “Physik Instrumente” (PI), “Piezosystem Jena” (обе — Германия). Однако при хорошем качестве исполнения эти системы отличаются высокой стоимостью.

На кафедре автоматов Санкт-Петербургского государственного политехнического университета совместно с ООО „Лазерный центр“ (Санкт-Петербург) был разработан и испытан опытный образец двухкоординатного дефлектора с биморфными пьезоактюаторами, предназначенный для маркировки миниатюрных ювелирных изделий с поверхностью обработки 2×2 мм. Следует отметить, что технические характеристики известных зарубежных отклоняющих систем в данном случае не подходят по ряду параметров — по углам качания, по отражаемым зеркалом длинам волн излучения, диаметру пятна отражаемого излучения, мощности излучения.

Конструктивная схема двухкоординатной отклоняющей системы с биморфными пьезоактюаторами представлена на рис. 2, а, где 1 — корпус; 2 — упругий элемент; 3 — четыре биморфных пьезоэлемента (БП), жестко прикрепленные к корпусу; 4 — стакан качания; 5 — отражающее зеркало; 6 — юстировочный винт; 7 — винт регулировки положения пружин; 8 — пружины.

При подаче напряжения на биморфный пьезоактюатор свободный конец начинает изгибаться, упругий элемент давит на шарнир, наклоняя стакан качания вместе с отражающим зеркалом. При подаче напряжения противоположной полярности на пару симметрично расположенных БП (например, БП 1 и 2) они отклоняются в противоположные стороны, тем самым увеличивая амплитуду качания зеркала по сравнению со схемой, содержащей один БП на каждую координату.

Экспериментальный стенд (рис. 2, б) содержит исследуемую отклоняющую систему 1 и полупроводниковый лазер 3 (длина волны $\lambda = 0,64$ мкм видимого спектра, цвет красный). Излучение попадает в центр отклоняющего зеркала 2, затем проецируется на лист бумаги 4, расположенный на расстоянии $L = 3$ м и закрепленный на стене. При угле качания зеркала (α) на поверхности появляется изображение с разверткой A .

Для проведения экспериментов использовалось следующее оборудование: генератор звуковой ГЗ-33, милливольтметр ВЗ-38, осциллограф С1-118, частотомер 43-33, источник питания „Актаком“ АТН-1031, тестер „UNI-T“ УТ60А.

В задачу исследований входила оценка работоспособности разработанного дефлектора. В ходе экспериментов была проанализирована работа каждого пьезоэлемента в отдельности, в паре и все четыре вместе. Подача напряжения U осуществлялась пошагово от 15 до 40 В и от 40 до 15 В при частоте питающего напряжения 30 Гц. При изменении напряжения замеря-

лась ширина развертки на поверхности A . При известном расстоянии L (3 м) определялся угол α . По данным эксперимента построены графики (рис. 3, a — $в$) зависимостей угла качения зеркала от напряжения, подаваемого на один (a), два ($б$) и четыре ($в$) биморфных пьезоактюатора. Анализируя графики, можно прийти к выводу, что угол α изменяется при увеличении напряжения (кривая 1) и его уменьшении (кривая 2).

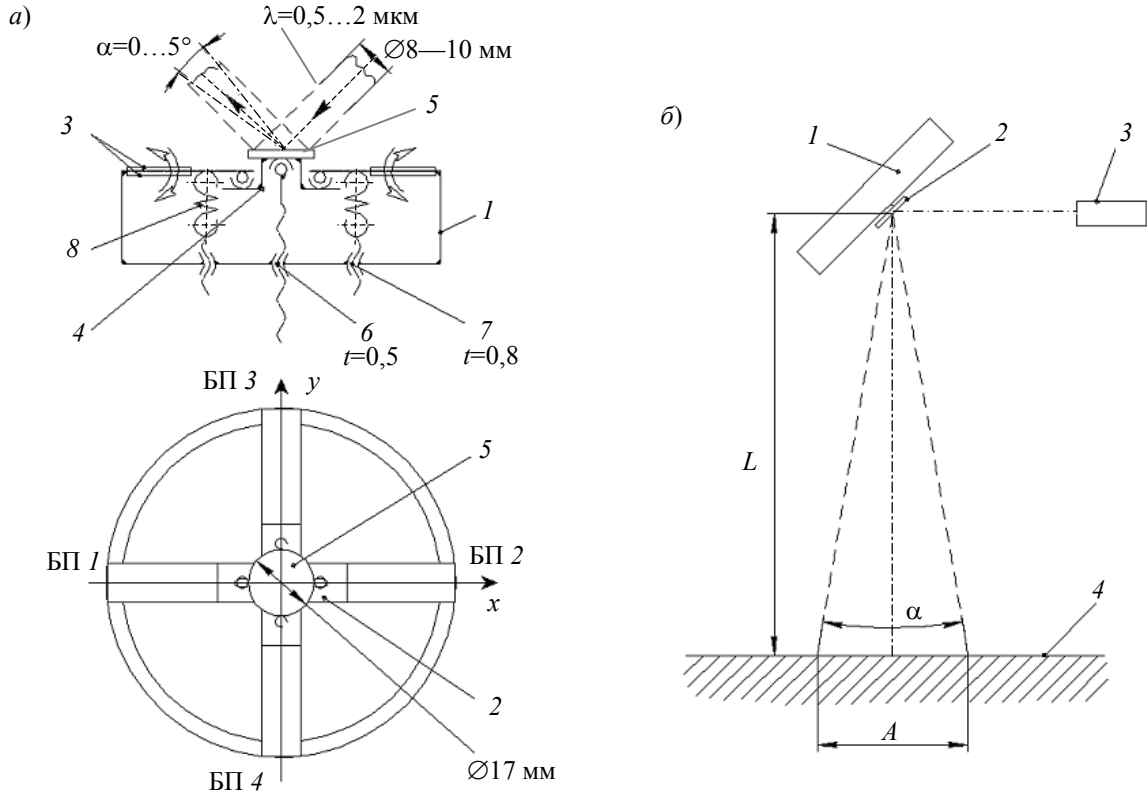


Рис. 2

При изменении частоты напряжения изменение геометрических форм проецируемого изображения не наблюдалось. Исследования при $U = 3$ В показали следующее:

- резонансная частота системы при включении БП 1 и 2 оказалась равной 580 Гц;
- при включении БП 3 и 4 — 560 Гц.

При напряжении 30 В и частоте 50 Гц потребляемая мощность одного пьезоэлемента составила 0,9 Вт, а четырех пьезоэлементов — 3,6 Вт.

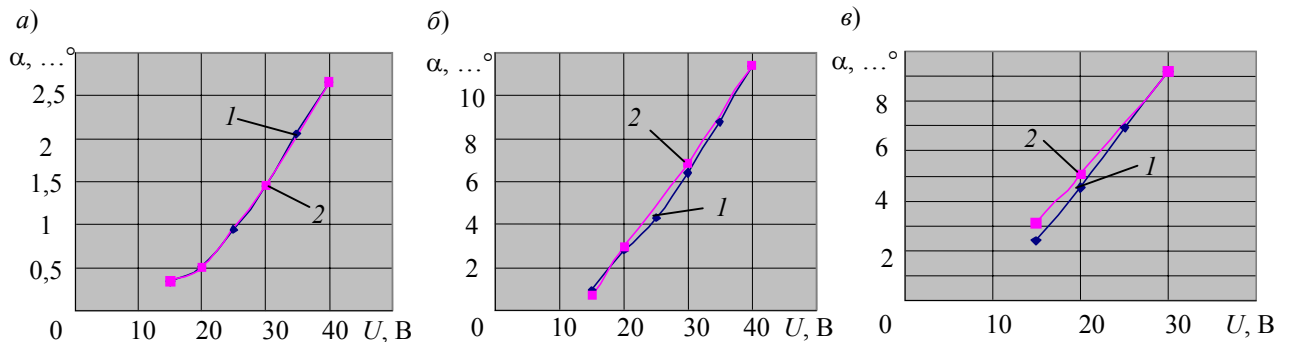


Рис. 3

На рис. 4, a показана развертка изображения на поверхности A , демонстрирующая расхождение между прямым и обратным ходом луча. Такая гистерезисная петля связана с неточностью изготовления механических узлов, которую можно компенсировать системой управления с помощью цепи обратной связи.

Режим работы отклоняющей системы реализуется методом построчной развертки при помощи системы управления (рис. 5). Для ее осуществления по координате x на БП 1 и 2 подается гармоническое напряжение, а по координате y на БП 3 и 4 подается напряжение с пошаговым изменением его для смещения строки. Создавая скачок напряжения, подаваемого на БП 3 и 4, на величину U_{y_1} и U_{y_2} , можно совместить прямой и обратный ход луча (рис. 4, б).

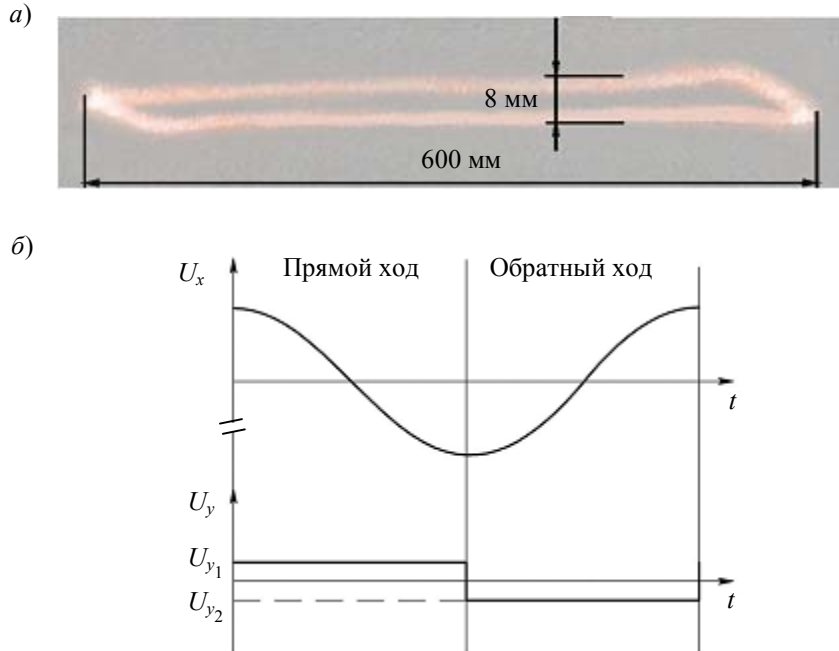


Рис. 4

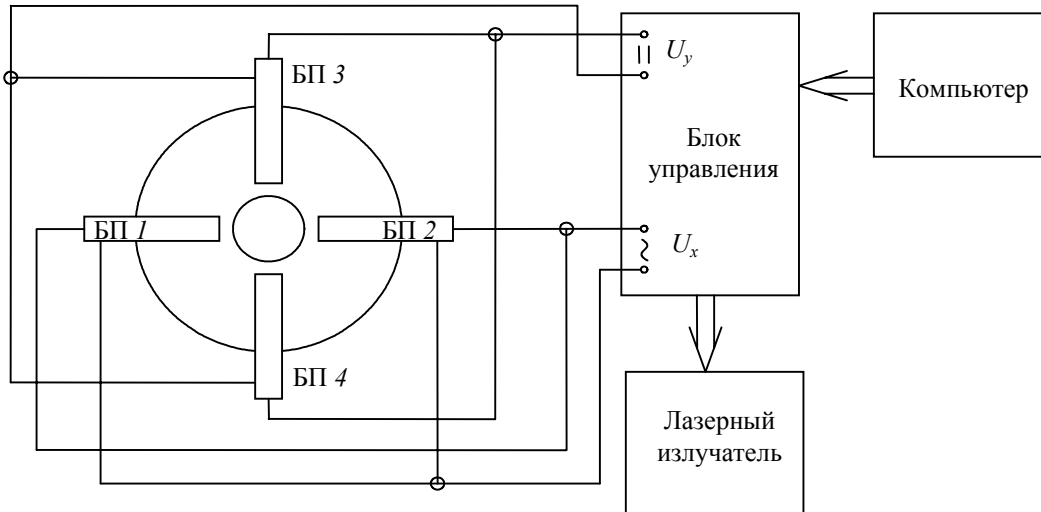


Рис. 5

Экспериментальные исследования опытного образца пьезоэлектрического двухкоординатного дефлектора дали следующие результаты:

- углы качания зеркала $\alpha = \pm 5^\circ$ по двум координатам удовлетворяют требованиям задачи;
- траектории луча на поверхности A прямолинейны как при прямом, так и при обратном ходе луча; траектория представляет собой замкнутую петлю в виде параллелограмма.

Длительные испытания показали хорошую стабильность параметров развертки. Зависимость амплитуды угла качания от напряжения линейна в рабочем диапазоне частот. Таким образом, опытный макет дефлектора показал свою работоспособность, однако нуждается в доработке.

ЛИТЕРАТУРА

Смирнов А. Б. Мехатроника и робототехника. Системы микроперемещений с пьезоэлектрическими приводами: Учеб. пособие. СПб: Изд-во СПбГПУ, 2003. 160 с.

Сведения об авторах

- Иван Андреевич Кошкин** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, кафедра автоматов; E-mail: kia@newlaser.ru
- Аркадий Борисович Смирнов** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, кафедра автоматов; E-mail: 123smirnov@list.ru

Рекомендована кафедрой
мехатроники СПбГУ ИТМО

Поступила в редакцию
15.06.09 г.