

Проектирование, изготовление и испытания гальванометрического сканера*С. Н. Лепешкин, В. В. Молчанов, Ю. И. Шанин, И. С. Шарапов*

Гальванометрический сканер (гальвосканер) – устройство для осуществления поворота лазерного пучка на определенный угол. В статье рассмотрены как подходы к проектированию элементов гальвосканера (электродвигателя постоянного тока, сканирующего зеркала, датчика угла поворота, платы драйвера управления гальвосканером), так и результаты испытаний его работоспособности после изготовления. Привод зеркала и датчика осуществлялся бесколлекторным моментным электродвигателем постоянного тока с ротором из постоянного сильного магнита, изготовленного из неодима, бора и железа – NdFeB. Зеркала изготавливались из монокристаллического кремния и рассчитаны на апертуру входного лазерного пучка 15 мм. Зеркала имеют отражающее покрытие, обеспечивающее коэффициент зеркального отражения $R \geq 99,6\%$ для длины волны лазера $\lambda = 1080 \pm 1$ нм. Разработана конструкция оптического абсолютного датчика угла поворота (энкодер) с применением светодиодов и фотодиодов. При разработке платы управления (драйвера) гальвосканером использована гибридная аналогово-цифровая архитектура, цифровая часть драйвера – цифровой сигнальный процессор.

Гальвосканеры были испытаны на работоспособность по разработанной программе и методике на специальном стенде и оборудовании, изготовленном для испытаний. В результате испытаний основные проектные характеристики (углы сканирования, шаг сканирования, скорость сканирования и позиционная повторяемость, температурное смещение нуля и долговременный дрейф) были превышены.

Ключевые слова: гальванометрический сканер, гальвосканер, гальвомотор, дефлектор, сканирующее зеркало, датчик угла поворота.

DOI: 10.51368/2307-4469-2022-10-5-490-500

Лепешкин Сергей Николаевич, вед. инженер, к.т.н.
E-mail: LepeshkinSN@sialuch.ru
Молчанов Виктор Владимирович, вед. инженер-технолог, к.т.н.
E-mail: MolchanovVV@sialuch.ru
Шанин Юрий Иванович, в.н.с., к.т.н.
E-mail: ShaninYuI@sialuch.ru
Шарапов Илья Сергеевич, зам. директора отделения.
E-mail: SharapovIS@sialuch.ru
АО «НИИ НПО «ЛУЧ».
Россия, 142103, г. Подольск, ул. Железнодорожная, 24.

Статья поступила в редакцию 16 сентября 2022 г.

© Лепешкин С. Н., Молчанов В. В., Шанин Ю. И., Шарапов И. С., 2022

Работа выполнена в рамках договора от 26.12.2019 № 793/121-Д между ООО «РусАТ» и ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ» на выполнение научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы по теме: «Создание 2-х осевого сканатора для селективного лазерного плавления».

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов М. В., Земляков Е. В., Бабкин К. Д. // Фотоника. 2016. № 6 (60). С. 14.
2. Нестерук И. Н. // Фотоника. 2007. № 3. С. 10.
3. Aylward R. Advance & Technologies of Galvanometer-based Optical Scanners. // SPIE. 1999. Vol. 3787.
4. <https://www.cambridgetechnology.com/>
5. <https://nutfieldtech.com/>

6. <https://www.scanlab.de/>
7. <https://www.raylase.de/>
8. <http://sino-galvo.com/>
9. Handbook of Optical and Laser Scanning / 2nd Ed. Edited by Gerald F. Marshall. – Marcel Dekker, CRC Press. 2012.
10. Paul R. Yoder Jr. Opto-Mechanical Systems Design / Third Edition. – Taylor & Francis Group, LLC. 2006.
11. <http://ferrite.ru/products/magnets/ndfeb/> (дата обращения: 07.09.2022).
12. Выскуб В. Г., Сырямкин В. И., Шидловский В. С. Устройства и системы автоматического управления высокой точности. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2009.
13. <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/dcmotor/> (дата обращения: 07.09.2022).
14. Кенио Т., Нагамори С. Двигатели постоянного тока с постоянными магнитами / Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
15. Лыков А. В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967.
16. www.eclipsemagnetics.com/ (дата обращения: 07.09.2022).

PACS: 42.15.Eq, 42.62.Cf

Design, manufacture and testing of a galvanometer scanner

S. N. Lepeshkin, V. V. Molchanov, Yu. I. Shanin, and I. S. Sharapov

JSC "Scientific Research Institute Research and Production Association "LUCH"
24 Zheleznodorozhnaya st., Podolsk, 142103, Russia
E-mail: ShaninYuI@sialuch.ru

Received September 16, 2022

A galvanometric scanner (galvoscaner) is a device for turning a laser beam through a certain angle. The article considers both approaches to designing elements of a galvo scanner (a DC motor, a scanning mirror, a rotation angle sensor, a galvo scanner control driver board), and the results of testing its performance after manufacturing. The mirror and sensor were driven by a brushless DC torque motor with a rotor made of a permanent strong magnet made of neodymium, boron and iron – NdFeB. The mirrors were made of single-crystal silicon and designed for an input laser beam aperture of 15 mm. The mirrors have a reflective coating that provides a specular reflection coefficient $R \geq 99.6\%$ for a laser wavelength $\lambda = 1080 \pm 1$ nm. The design of an optical absolute rotation angle sensor (encoder) using LEDs and photodiodes has been developed. When developing the control board (driver) for the galvo scanner, a hybrid analog-digital architecture was used, the digital part of the driver is a digital signal processor.

Galvoscaners were tested for performance according to the developed program and methodology on a special stand and equipment made for testing. As a result of testing, the main design characteristics (scan angles, scan pitch, scan speed and positional repeatability, temperature zero offset and long-term drift) were exceeded.

Keywords: galvanometric scanner, galvoscaner, galvo motor, deflector, scanning mirror, rotation angle sensor.

DOI: 10.51368/2307-4469-2022-10-5-490-500

REFERENCES

1. M. V. Kuznetsov, E. V. Zemlyakov, and K. D. Babkin, Photonics, No. 6 (60), 14 (2016) [in Russian].
2. I. N. Nesteruk, Photonics, No. 3, 10 (2007) [in Russian].
3. R. Aylward, Advance & Technologies of Galvanometer-based Optical Scanners. SPIE 3787 (1999).
4. <https://www.cambridgetechnology.com/>
5. <https://nutfieldtech.com/>
6. <https://www.scanlab.de/>

7. <https://www.raylase.de/>
8. <http://sino-galvo.com/>
9. *Handbook of Optical and Laser Scanning*. 2nd Ed. Edited by Gerald F. Marshall. (Marcel Dekker, CRC Press, 2012).
10. R. Paul and Jr. Yoder, *Opto-Mechanical Systems Design*. Third Edition. (Taylor & Francis Group, LLC. 2006).
11. <http://ferrite.ru/products/magnets/ndfeb/> (accessed 07.09.2022).
12. V. G. Vyskub, V. I. Syryamkin, and V. S. Shidlovsky, *Devices and systems of automatic control of high precision* (Publishing House of Tomsk State University, Tomsk, 2009) [in Russian].
13. <https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/dcmotor/> (accessed 07.09.2022).
14. T. Kenjo and S. Nagamori, *Permanent-magnet and brushless DC motors*. (Oxford: Clarendon Press, 1985; Energoatomizdat, Moscow, 1989).
15. A. V. Lykov, *Theory of thermal conductivity*. (Higher school, Moscow, 1967) [in Russian].
16. www.eclipsemagnetics.com/ (accessed 07.09.2022).