

1650 нм с максимальным поперечным сечением поглощения до $1,1 \times 10^{-20}$ см² на длине волны 1515 нм для поляризации излучения E/N_m .

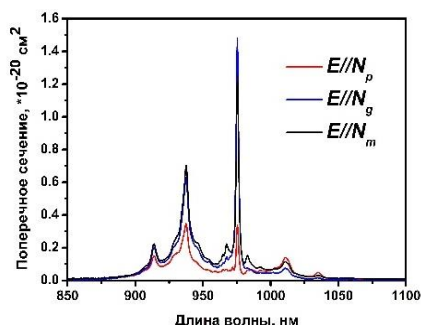


Рисунок 2 – Спектр поперечных сечений поглощения в области около 1 мкм

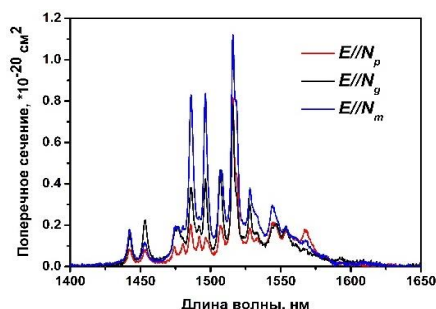


Рисунок 3 – Спектр поперечных сечений поглощения в области около 1,5 мкм

Целью проведения измерений кинетик люминесценции было определение времени жизни возбужденного состояния $^4I_{13/2}$ ионов эрбия в кристалле Er,Yb:GMBO. Для возбуждения люминесценции использовалась длина волны около 976 нм. Для всей серии измерений затухание люминесценции в области 1,5 мкм хорошо описывалось одноэкспоненциальной

функцией, время жизни уровня $^4I_{13/2}$ ионов эрбия составило 440 ± 20 мкс (рис. 4).

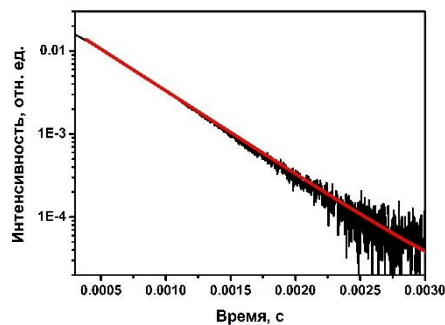


Рисунок 4 – Кинетика затухания люминесценции в области около 1.5 мкм

Проведенные исследования спектроскопических свойства кристаллов Er,Yb:GMBO свидетельствуют о перспективности их использования в качестве активной среды лазеров спектрального диапазона 1,5–1,6 мкм, работающих в непрерывном режиме генерации и режиме пассивной модуляции добротности.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 19-12-00235.

Литература

- Gorbachena, K. N. High efficient continuous-wave diode-pumped Er,Yb:GdAl₃(BO₃)₄ laser / K. N. Gorbachena // Opt. Lett. – 2013. – Vol. 38. – P. 2446–2448.
- Спектрально-люминесцентные свойства кристаллов иттрий-магниевого пентабората, легированных ионами Er³⁺ и Yb³⁺ / К.Н. Горбаченя [и др.] // Журнал прикладной спектроскопии. – 2020. – Т. 87, № 6. – С. 918–924.

УДК 528.8.042

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРИЗМЕННОГО ДЕФЛЕКТОРА ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА

Гусаров И.Е.¹, Владимиров В.Д.¹, Калугин А.И.²

¹ ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова»

² Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН

Ижевск, Российская Федерация

Аннотация. Приведена методика расчета параметров призмного дефлектора (число граней, габаритные размеры). Выполнены расчеты призмных дефлекторов в зависимости от углов сканирования и числа граней. Установлены особенности разработки и применения призмных дефлекторов в устройствах лазерного сканирования.

Ключевые слова: лазерное сканирование, сканер, призмный дефлектор.

CALCULATION OF PARAMETERS OF PRISM DEFLECTOR FOR LASER SCANNER

Gusarov I.¹, Vladimirov V.¹, Kalugin A.²¹ Kalashnikov Izhevsk State Technical University² Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
Izhevsk, Russia

Abstract. The method of calculating of the prism deflector parameters (number of faces, size of deflector) is given. Calculations of prism deflectors are performed depending on the scanning angles and the number of faces. The features of the development and application of prism deflectors in laser scanning devices are established.

Key words: laser scanning, scanner, prism deflector.

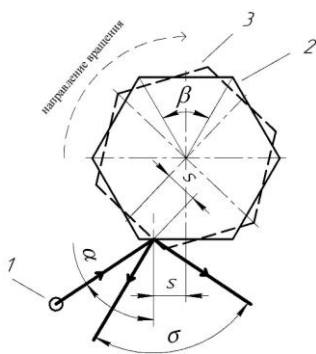
e-mail: gusarov789@yandex.ru

Одной из задач лазерного сканирования является последовательное зондирование сканируемого пространства с заданными угловыми размерами импульсным лазерным излучением. Наиболее простым методом для решения данной задачи является использование различных движущихся оптических элементов, называемых оптомеханическими сканерами.

Одним из самых распространенных оптомеханических элементов является призмный дефлектор (ПД), с помощью которого осуществляется заполнение сканируемого пространства по одной координате.

Призмный дефлектор представляет собой вращающуюся многогранную призму с отражающими гранями, выполненную из стекла или металла с технологическим отверстием для крепления элемента на ось вращения.

Основными параметрами дефлектора является количество отражающих граней m , относительная длительность цикла или коэффициент полезного использования грани C , угол подачи лазерного излучения на грань α , получаемый угол развертки строки сканирования σ и геометрические размеры элемента. Схема работы сканера с ПД приведена на рис. 1.



1 – лазер; 2 – ПД в начальном положении;
3 – ПД в конечном положении

Рисунок 1 – Схема работы сканера с ПД

Строка кадра формируется следующим образом. Излучение, направление которого перпендикулярно оси вращения, падает на грань ПД под углом α к нормали грани на расстоянии s от его оси. Дефлектор начинает свое движение в направ-

лении вращения из начального положения 2 и достигает конечного положения 3, при котором излучение от лазера вновь попадает на грань на расстоянии s от оси ПД. Важно отметить, что расстояние s определяется следующим образом:

$$s = R \cdot C \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2},$$

где $\beta = \frac{2\pi}{m}$ – угол развертки одной грани ПД, R – радиус вписанной в многогранник ПД окружности. Параметр C связывает диаметр лазерного пучка и длину грани призмного дефлектора [1]. Также можно выразить через число граней полигонального зеркала и угол развертки строки сканирования:

$$C = \frac{m \cdot \sigma}{4 \cdot \pi}. \quad (1)$$

Очевидно, что коэффициент C не может быть больше 1. Тогда количество граней должно удовлетворять следующему условию:

$$m < \frac{4 \cdot \pi}{\sigma}. \quad (2)$$

Таким образом, для определения параметров ПД, в частности числа граней, необходимо задаться необходимым углом развертки строки сканирования σ .

Следующим шагом будет определение длины грани ПД L и толщины ПД d . Они зависят от площади лазерного пятна на грани. Значение D' является наибольшим линейным размером проекции лазерного пучка, падающего на грань под углом α :

$$D' = \frac{D}{\cos(\frac{\alpha}{2})}. \quad (3)$$

С учетом (2) длину грани полигонального зеркала можно найти по формуле:

$$L = \frac{D'}{1 - C}. \quad (4)$$

Ширина грани полигонального зеркала можно вычислить по формуле

$$d = D \cdot K, \quad (5)$$

где K – коэффициент запаса, он выбирается из максимально допустимого смещения центра пучка относительно центра грани.

Далее, исходя из рассчитанных ранее величин L и m , можно найти радиус вписанной окружности R в полученный многоугольник:

$$R = \frac{L}{2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{m}\right)}. \quad (6)$$

Для крепления ПД на ось вращения следует выполнить в его центре технологическое отверстие, радиус которого равен [1]:

$$r = \frac{\left(\frac{N}{57,3} \cdot 32,16 \cdot S\right)^2}{W} - R^2, \quad (7)$$

где N – предельная частота вращения, S – предел текучести материала, W – плотность материала ПД.

Расчеты параметров ПД при угле развертки строки сканирования $\sigma = \frac{\pi}{2}$, угле подачи излучения $\alpha = \frac{\pi}{3}$, диаметре пучка $D = 2$ мм и коэффициенте запаса $K = 1,2$ приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что при приближении количества граней к максимальному значению, увеличивается коэффициент полезного использования грани, но одновременно с этим происходит увеличение габаритных размеров ПД. Коэффициент C определяет также время пере-

хода с одной грани на другую, то есть время перехода с одной строки сканирования на другую. При больших коэффициентах время перехода значительно сокращается, что может вызывать проблемы с кадровой разверткой. Другим недостатком такой системы является уменьшение коэффициента полезного использования грани с ростом угла развертки σ . С другой стороны, в отличие от других систем сканирования, ПД способен обеспечить большие углы σ и высокую скорость сканирования пространства.

Таблица 1. Результаты расчета параметров ПД

Количество граней ПД	Коэффициент полезного использования грани	Длина грани, мм	Радиус вписанной окружности, мм
3	0,375	3,695	1,067
4	0,5	4,619	2,309
5	0,625	6,158	4,238
6	0,75	9,238	8
7	0,875	18	19

Литература

1. Gerald, F. M. Handbook of Optical and Laser Scanning, Second Edition / Gerald F. Marshall, Glenn E. Stutz. – Нью-Йорк : Marcel Dekker publishing, 2004. – P. 291.

УДК 535.24

ЭТАЛОННЫЙ СВЕТОДИОДНЫЙ ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ РАДИОМЕТРОВ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ДИАПАЗОНЕ СИЕ С

Данильчик А.В.¹, Луценко Е.В.¹, Никоненко С.В.¹, Тарасова О.Б.²

¹ГНУ «Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси»

²РУП «Белорусский государственный институт метрологии»

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Разработан компактный эталонный источник излучения УФ С на основе светодиода для калибровки УФ-радиометров. Источник обеспечивает плотность мощности излучения до 400 мкВт/см² на площади 3×3 мм с неоднородностью 1,5 %. Излучение источника с максимумом 265 нм сконцентрировано на 97 % в УФ С области спектра. Использование источника для лазерных диодов ComboSource 6310 позволило прецизионно стабилизировать инжекционный ток и температуру светодиода.

Ключевые слова: эталонный источник излучения УФ С, светодиоды УФ С, калибровка УФ-радиометров.

REFERENCE LED RADIATION SOURCES FOR CALIBRATION OF CIE C UV RADIOMETERS

Danilchik A.¹, Lutsenko E.¹, Nikanenka S.¹, Tarasova O.²

¹B.I. Stepanov Institute of Physics NAS of Belarus

²National Metrological Institute of the Republic of Belarus

Minsk, Belarus

Abstract. A compact reference UV C radiation source based on LED for calibration of radiometers has been developed. The source provides a power density of radiation up to 400 μW/cm² on area of 3×3 mm with inhomogeneity of 1.5 %. The radiation from source with a maximum of 365 nm is 97 % concentrated in the UV C region of the spectrum. The use of a source for laser diodes ComboSource 6310 made it possible to precisely stabilize the injection current and temperature of the LED.

Key words: reference UV C radiation source, UV C LEDs, calibration of UV-radiometers.

Адрес для переписки: Никоненко С.В., пр. Независимости, 68-2, г. Минск 220070, Республика Беларусь
e-mail: s.nikonenko@dragon.bas-net.by