

ПРИСТРІЙ ПОРІВНЯННЯ СВІТЛОДІОДІВ ЗА СВІТЛОВИМ ПОТОКОМ

*Гурба О.В., магістрант; Мірських Г.О., к.т.н., доцент
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Світлодіоди, як продукт передових інноваційних технологій, на сьогодні все ширше впроваджуються у різні галузі людської діяльності. Це обумовлює актуальність досліджень спрямованих на покращення параметрів світловипромінюючих структур та зменшення їх вартості, до складу якої, серед іншого, входить і вартість контрольних операцій та відповідних засобів вимірювання параметрів світлодіодів. Широке впровадження світлодіодів є новим та перспективним напрямком розвитку світлотехніки, що стимулює розроблення нових більш досконаліх, ефективних та дешевших методів їх дослідження та контролю.

До параметрів світлодіодів, що потребують систематичного контролю, відноситься світловий потік, який не тільки є важливою характеристикою світло діоду (як джерела світла) але й в значній мірі визначає стабільність відповідного технологічного процесу.

Відомі методи визначення світлового потоку, такі як гоніометричний метод та метод інтегруючої сфери [1, 2], мають ряд недоліків. Гоніометричний метод приводить до значної похибки вимірювання світлового потоку у світлодіодів з малим кутом випромінювання та потребує доволі громіздкого та складного у користуванні вимірювального обладнання, що потребує високої кваліфікації персоналу. Метод інтегруючої сфери є більш простішим та оперативнішим, наразі має велику кількість модифікацій, але за його використанням під час вимірювання постає необхідність у визначенні поправочних коефіцієнтів пристрою, наприклад, рівномірності нанесення фарби на кульову поверхню фотометра, впливу неактивних елементів конструкції та ін. Крім того, багаторазове відбиття від поверхні кулі змінює спектральний склад випромінювання.

На меті даної роботи є практична реалізація методу визначення світлового потоку світлодіодів, шляхом порівняння. При цьому головна увага приділялася простоті методики, забезпечення точності та оперативності вимірювальних операцій.

Пристрій порівняння світлодіодів за світловим потоком

На підставі аналізу існуючого обладнання з визначення світлового потоку світлодіодів, його недоліків та особливостей практичного використання запропоновано пристрій [3], призначений для порівняння (тестування) світлодіодів за світловим потоком. Такому тестуванню можуть підда-

ватися світлодіоди однієї партії на виході виробничого циклу, або світлодіоди, що перебували під дією дестабілізуючого чинника (радіації, температури тощо). Сфера використання пристрою - підприємства, що займаються виготовленням та тестуванням світлодіодів, установи, що займаються питаннями проектування освітлення тощо.

Структурна схема пристрою зображена на рис.1.

Світлодіод, що досліджується, закріплюється на тримачі, який зв'язаний з вібраційним мотором (вібромотором). Вібромотор через перемикач, що введений для керування його роботою, з'єднаний з блоком живлення. Найпростіший варіант реалізації керуючої частини конструкції наведений на рис.2.

Принцип дії пристрою пояснює рис.3.

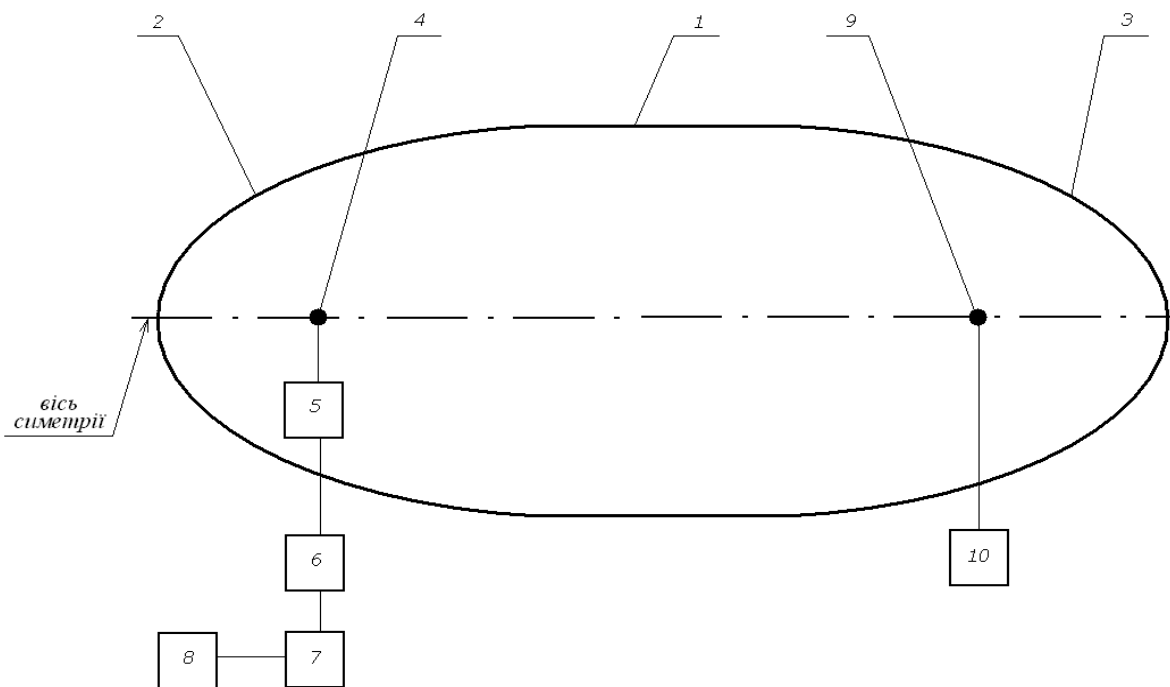


Рис.1.

1 - циліндр; 2, 3 – параболічні дзеркала ; 4 - світлодіод; 5 - тримач; 6 - вібромотор; 7 - перемикач; 8 – блок живлення; 9 - фотодетектор; 10 – пристрій реєстрації.

Після ввімкнення вібромотору, вібраційними коливаннями світлодіод в один із моментів суміщається з фокусом параболічного дзеркала. Дана процедура виключає систематичну похибку (переводить її до розряду випадкових), що виникає через точність встановлення світлодіода в фокусі параболічного дзеркала. При цьому амплітуда коливань вибирається з умови: не меншого, а краще, більшого, зміщення при закріпленні на тримачі світлодіода. Після чого, світловий потік від світлодіода направляється параболічним дзеркалом 2 на протилежне параболічне дзеркало 3 та "збирається" в фокусі останнього, де й реєструється фотодетектором 9.

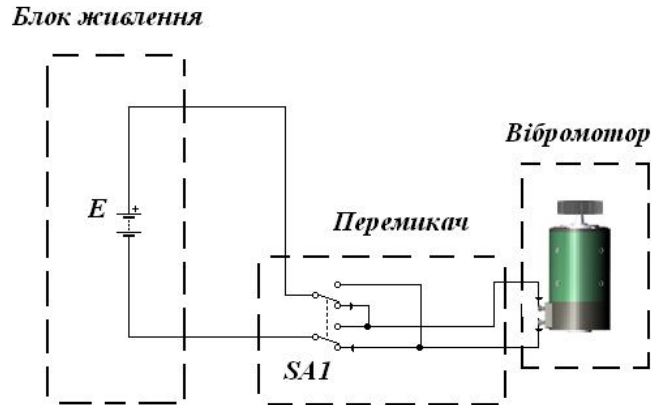


Рис.2. Керуюча частина конструкції.
E – елемент живлення; SA1 – двополюсний перемикач.

Фотострум, що виникає при цьому, фіксується індикатором 10. Отримане значення фотоструму, що пропорційне величині світлового потоку, є деяким усередненням відповідної випадкової величини.

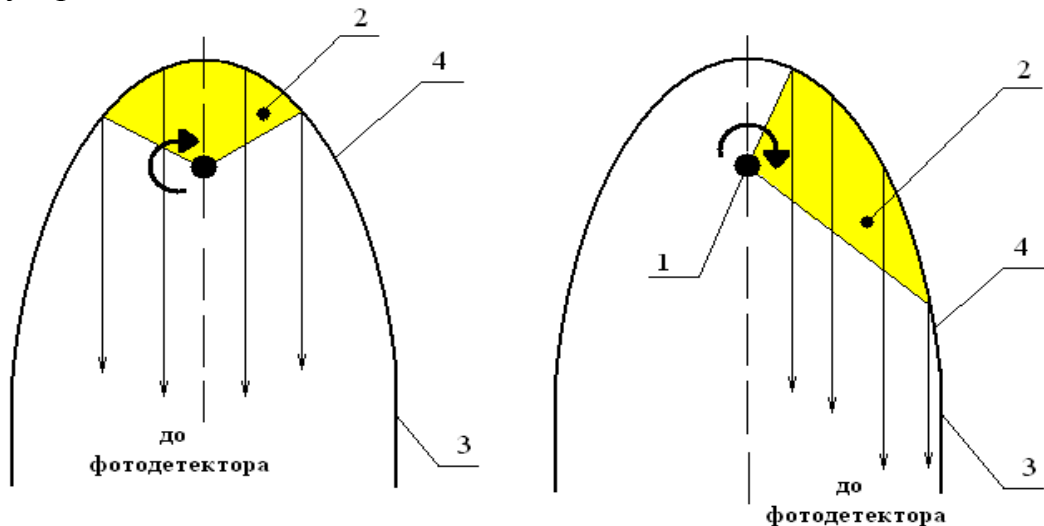


Рис.3.

1 - світлодіод; 2 – світловий потік; 3 – циліндр; 4 – параболічне дзеркало.

Разом із вібраційними коливаннями, світлодіод за допомогою вібромотору переміщується так, що його світловий потік спрямовувався на різні частини параболічного дзеркала 2. Це необхідно для врахування під час вимірювань величини тіньового потоку, що виникає через скінчені розміри конструкції та світлодіоду, а також врахування бокових пелюстків діаграми розподілення світлового потоку.

Таким чином, введена вібрація імітує багаторазове встановлення світлодіоду у конструкцію під час вимірювання потоку, що замінює повторення операції встановлення світло діоду з метою зменшення відповідних випадкових помилок, а отже суттєво зменшує загальну тривалість процесу

вимірювання.

Похибка визначення світлового потоку

Розглянемо конструкцію відбивача та визначимо максимальний кут розкриття світлового потоку, при якому похибка даного методу визначення потоку є мінімальною. Розрахунок проводитемим в 3 етапи. На першому етапі розраховуємо максимальний кут повороту світлодіода в параболічному відбивачі. На другому – проводимо розрахунок при врахуванні габаритних розмірів світлодіода при його максимальному повороті (поперечно до осі симетрії відбивача). На третьому – на підставі результатів двох попередніх етапів отримуємо остаточні співвідношення.

Розрахунок максимального необхідного кута повороту світлодіода в параболічному відбивачі

На рис.4(а,б) точка М являється крайньою з якої ще можна реєструвати світловий потік і визначається геометричними розмірами параболічного відбивача. Світловий потік, що потрапляє на циліндр частково поглинається світлопоглинаючою фарбою, якою він покритий. Це робиться для унеможливлення блукаючого потоку по поверхні відбивача та в кінцевому випадку небажаний реєстрації його фотодетектором.

Фотометричне параболічне дзеркало на площині можна представити лінією другого порядку – параболою, що описується канонічним рівнянням: $y = \frac{x^2}{2P}$, де P – параметр параболи, (x, y) – координати точки на параболі.

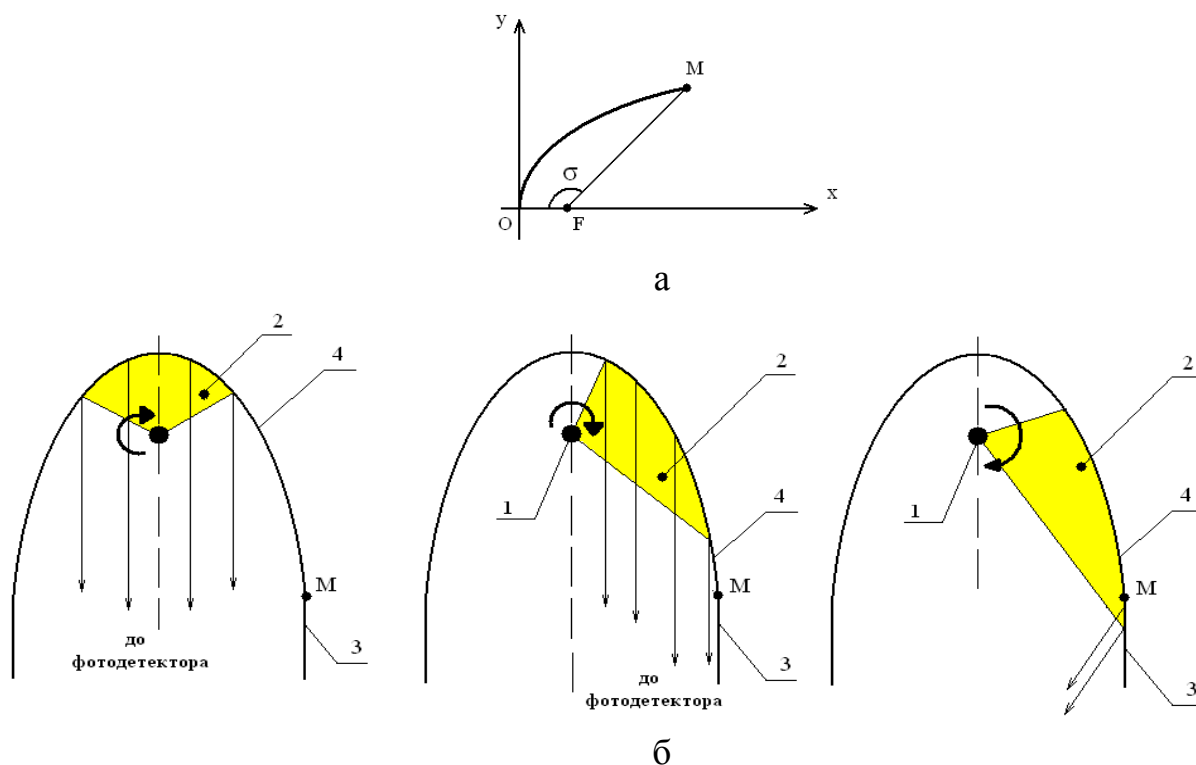


Рис. 4

1 – світлодіод; 2 – світловий потік; 3 – циліндр; 4 – параболічне дзеркало.

Етап 1. Знайдемо максимальний кут повороту σ (рис.1) на який повертається ротор вібромотору, де закріплений на тримачі світлодіод. Кут σ являє собою ту величину світлового потоку, яку безпосередньо можна реєструвати на фотодетекторі з певною точністю.

Нехай OM – парабола; т. M – точка на параболі з координатами $(x; y)$; т. F – фокусна точка з координатами $(\frac{p}{2}; 0)$. Початок системи координат

XOY суміщений з вершиною параболи.

Шуканий кут σ знайдемо, як кут між двома прямими OF , що суміщена з віссю абсцис, та FM . Згадаємо, що кут між довільними двома прямими, що перетинаються, визначається як:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{k_2 - k_1}{1 + k_2 \cdot k_1},$$

де θ – шуканий кут; k_2, k_1 - кутові коефіцієнти заданих прямих.

Знайдемо кутовий коефіцієнт прямої, що проходить через точки F і M з складеного рівняння прямої:

$$\text{для т. } M: y = k \cdot x + b; \text{ для т. } F: 0 = k \cdot \frac{p}{2} + b.$$

Отримаємо:

$$k = \frac{y}{x - \frac{p}{2}} = \frac{\sqrt{2 \cdot p \cdot x}}{x - \frac{p}{2}}.$$

Враховуючи, що пряма OF суміщена з віссю Ox і кутовий коефіцієнт для неї рівний нулю, тоді шуканий кут σ можна визначити як:

$$\sigma = 180^\circ - \operatorname{arctg}\left(\frac{\sqrt{2 \cdot p \cdot x}}{x - \frac{p}{2}}\right).$$

Отримана формула дає можливість зв'язати геометричні розміри параболічного дзеркала з максимально можливим поворотом світлодіода відносно осі симетрії.

Вплив габаритних розмірів світлодіода

На похибку вимірювання світлового потоку впливають габаритні розміри світлодіода оскільки, частина потоку, що відіб'ється від параболічного дзеркала, буде перекриватися конструкцією світлодіода (рис.5), і не зареєструється фотодетектором.

Розглянемо можливий випадок при якому максимально перекривається світловий потік та визначимо, яку частину від повного світлового потоку можливо зареєструвати фотодетектором при відомих габаритах світлодіода та в залежності від конструкції параболічного дзеркала.

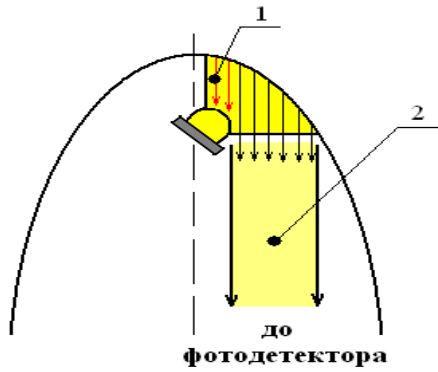


Рис.5.

- 1 – перекритий світловий потік;
- 2 – потік до фотодетектора.

кут в якому поширюється світловий потік без впливу габаритів; β – кут повороту світлодіода при якому вплив габаритних розмірів конструкції є максимальним. Поперечне розміщення світлодіода відносно осі симетрії, від-

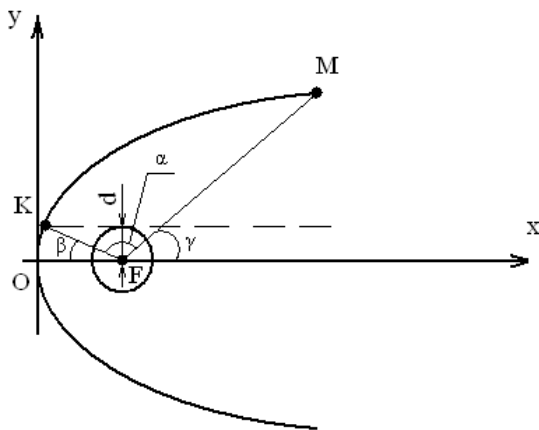


Рис.6. Вплив геометричних розмірів

ції світлодіода, а саме довжиною, оскільки світловий потік прямує на протилежне дзеркало вздовж лінії симетрії відбивача.

Шуканий кут знайдемо із умови, що: $\delta=180^\circ - \beta$.

Визначимо кут β (рис.7) як:

$$\cos\beta = \frac{OF}{MF};$$

Знайшовши довжини відрізків **OF** та **MF**, запишемо:

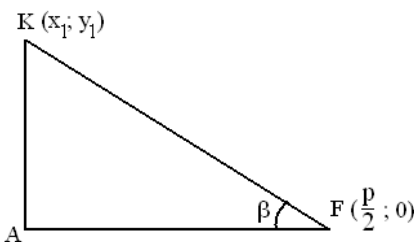


Рис.7. Визначення кута

$$\cos\beta = \frac{OF}{MF} = \frac{\sqrt{(x_1 - \frac{p}{2})^2 + 2 \cdot p \cdot x_1 - d^2}}{\sqrt{(x_1 - \frac{p}{2})^2 + 2 \cdot p \cdot x_1}};$$

Враховуючи, що $y_1^2 = 2 \cdot p \cdot x_1$, $y_1 = d$, то :

Етап 2. Визначимо максимальний кут $\delta = \alpha + \gamma$ (рис.6), в якому поширюється світловий потік, що пройде до фотодетектора без впливу габаритів світлодіода.

Нехай OM – парабола; т. M – "кінцева" точка на параболі з координатами $(x; y)$, т. F – фокусна точка з координатами $(\frac{p}{2}; 0)$; т. K – точка на параболі з

координатами $(x_1; y_1)$; $\alpha + \gamma$ – сумарний

кут в якому поширюється світловий потік без впливу габаритів; β – кут повороту світлодіода при якому вплив габаритних розмірів конструкції є максимальним. Поперечне розміщення світлодіода відносно осі симетрії, відповідає критичному моменту при якому світловий потік максимально перекривається габаритами конструкції світлодіода.

Початок системи координат XOY суміщений з вершиною параболи. Простір в якому коливається конструкція світлодіода зобразимо в вигляді площини, що представляє собою коло з радіусом d. Радіус d визначається габаритним розміром конструкції

$$\beta = \arccos \frac{\sqrt{\left(\frac{d^2}{2 \cdot p} - \frac{p}{2}\right)^2}}{\sqrt{\left(\frac{d^2}{2 \cdot p} - \frac{p}{2}\right)^2 + d^2}},$$

$$\delta = \alpha + \gamma = 180^\circ - \arccos \frac{\sqrt{\left(\frac{d^2}{2 \cdot p} - \frac{p}{2}\right)^2}}{\sqrt{\left(\frac{d^2}{2 \cdot p} - \frac{p}{2}\right)^2 + d^2}}.$$

Отриманий вираз дає можливість зв'язати між собою величину світлового потоку, що екранується конструкцією світлодіода, з конструкцією параболічного відбивача та габаритними розмірами світлодіода.

Похибка вимірювання світлового потоку

Етап 3. Визначимо максимальний кут розкриття α (рис.8), що охоплює тілесний кут ω в якому поширюється світловий потік, прив'язуючись до конструкції фотометричного параболічного відбивача. Спираючись на попередні розрахунки, можна визначити максимальний кут розкриття, враховуючи габаритні розміри світлодіода та геометрію параболічного дзеркала, при якому світловий потік повністю реєструється фотодетектором, за умови, що світлодіод буде повернутий на максимальний

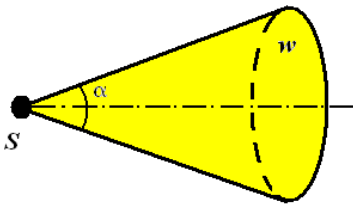


Рис. 8

кут σ вліво та вправо відносно осі симетрії відбивача. Дана умова для світлодіодів з малими кутами розкриття не враховується. Отже, на основі вище сказаного виразимо α так:

$$\alpha = 180^\circ - \beta - \gamma = 180^\circ - \arccos \frac{\sqrt{\left(\frac{d^2}{2 \cdot p} - \frac{p}{2}\right)^2}}{\sqrt{\left(\frac{d^2}{2 \cdot p} - \frac{p}{2}\right)^2 + d^2}} - \arctg \left(\frac{\sqrt{2 \cdot p \cdot x}}{x - \frac{p}{2}} \right).$$

Отриманий вираз зв'язує між собою геометричні розміри параболічного відбивача, габарити світлодіода та максимально можливий кут розкриття світлового потоку й вказує на значення, в межах яких можна визначити кут розкриття світлового потоку з мінімальною похибкою самого методу визначення фотометричної величини.

В якості прикладу проведемо розрахунки за отриманою формулою.

Так при $d=1\text{см}$, $p=4\text{см}$, $x=6\text{см}$: $\alpha = 92^\circ$, а це означає, що при вибраній конструкції та заданих габаритах світлодіода можливо проводити визначення максимального кута розкриття світлового потоку до $\alpha = 92^\circ$ з мінімальною похибкою методу вимірювання.

Таблиця

Для $d=1$, см	$x=3$ см	$x=4$ см	$x=5$ см	$x=6$ см	$x=7$ см
F , см	1.94	2	2.1	2.17	2.21
α , °	74	82	93	96	99

Приведені дані в таблиці показують можливу реалізацію конструкції фотометричного параболічного відбивача, що несуть в собі інформацію про фокусне розміщення світлодіода, при якому можна визначити кут розкриття світлового потоку світлодіоду який є максимально можливим вже для заданої конструкції параболічного відбивача.

Висновки

В даній статті представлено пристрій порівняння світлодіодів за світловим потоком. Даний пристрій є більш швидким в реалізації на відміну від відомих методів визначення світлового потоку та вищу точність визначення світлового потоку за рахунок застосування в конструкції параболічних дзеркал та вібратора. Розрахована в статті похибка вимірювання представленим методом дає можливість зв'язати між собою характерні величини - габарити світлодіода та геометрію відбивача, максимально можливо визначений пристроєм кут розкриття, тим самим говорячи, про її високу інформативність. Варіюючи цими величинами, можна прийти до оптимального рішення поставленої задачі - визначення світлового потоку.

Література

1. Гуревич М.М. Фотометрия (теория, методы и приборы) 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат, 1983.- 272с, ил.
2. В.Кузьмин, В. Антонов, О. Круглов. «Приборы для измерения оптических параметров и характеристик светодиодов». «Полупроводниковая светотехника». 2010. №3.
3. Зареєстрована заявка про створення корисної моделі «Пристрій порівняння світлодіодів за світловим потоком» від 28.02.2010 р.

Мірських Г.О., Гурба О.В. Пристрій порівняння світлодіодів за світловим потоком. В даній статті представлено простий метод порівняння світлодіодів за світловим потоком та можливу конструкцію установки цього методу. В конструкцію спеціально введено параболічні дзеркала, як направляючі концентратори світлового потоку, та вібратор з автоматичним керуванням. Біля фокусу одного з дзеркал встановлюють світлодіод, що закріплений на вібраторі, а на протилежному дзеркалі в фокусі закріплюють фотодетектор. Після ввімкнення вібратора, вібраційними коливаннями світлодіод в один із моментів суміщається з фокусом параболічного дзеркала. Після чого, світловий потік направляється параболічним дзеркалом на протилежне і збирається в фокусі останнього, де й реєструється фотодетектором. Введена вібрація

імітує також багаторазове вимірювання потоку, що економить час на проведення вимірювання.

Ключові слова: світлодіод, вібрація, фотометричний параболічний відбивач, параболічне дзеркало, світловий потік, вібромотор.

Мирских Г.А., Гурба А.В. **Устройство сравнения светодиодов за световым потоком.** В данной статье представлен простой метод сравнения светодиодов за световым потоком и возможная конструкция установки этого метода. В конструкцию специально введены параболические зеркала, как направляющие концентраторы светового потока и вибромотор с автоматическим управлением. Около фокуса одного из зеркал устанавливается светодиод, который закреплен на вибромоторе, а на противоположном зеркале в фокусе закрепляют фотодетектор. После включения вибромотора вибрационными колебаниями светодиод в один из моментов совмещается с фокусом параболического зеркала. После чего, световой поток направляется параболическим зеркалом на противоположное и собирается в фокусе последнего, где и регистрируется фотодетектором. Введенная вибрация имитирует также многократное измерение потока, что экономит время на проведение измерения.

Ключевые слова: светодиод, вибрация, фотометрический параболический отражатель, параболическое зеркало, световой поток, вибромотор.

Mirskih G., Gurba A. **A device of comparison of light-emitting diodes for a light stream.** The simple method of comparison of light-emitting diodes after a light stream and possible construction of setting of this method are presented in this article. Parabolic mirrors are specially entered in a construction, as directing concentrators of light stream, and vibromotor with automatic control. Near one focus of mirrors set a light-emitting diode which is envisaged on a vibromotor, and on an opposite mirror in focus fasten fotodetector. After including to the vibromotor, by oscillation vibrations a light-emitting diode in one of moments is combined with focus of parabolic mirror. Whereupon, a light stream is directed by a parabolic mirror on opposite and gathers in focus last, where and registered by fotodetector. The entered vibration imitates the frequent measuring of stream that saves time on realization of measuring.

Keywords: light-emitting diode, vibration, photometric parabolic reflector, parabolic mirror, light stream, vibromotor.