

intelligence/

- [5] H. Rebecq, D. Gehrig, and D. Scaramuzza, "ESIM: an open event camera simulator," in Proc. *2nd Conf. Robot Learning (CoRL), Proc. Mach. Learn. Res.*, vol. 87, pp. 969–982, Oct. 2018. [Online]. Available: <https://proceedings.mlr.press/v87/rebecq18a.html>
- [6] C. A. Curcio, K. R. Sloan, R. E. Kalina, and A. E. Hendrickson, "Human photoreceptor topography," *J. Comp. Neurol.*, vol. 292, no. 4, pp. 497–523, Feb. 1990. <https://doi.org/10.1002/cne.902920402>
- [7] S. Martinez-Conde, S. L. Macknik, and D. H. Hubel, "The role of fixational eye movements in visual perception," *Nat. Rev. Neurosci.*, vol. 5, no. 3, pp. 229–240, Mar. 2004. <https://doi.org/10.1038/nrn1348>

УДК 621.384.3

HIGH-POWER LEDs CHARACTERIZATION FOR INTEGRATING-SPHERE LIGHT SOURCES

Shyshkin V.A., Borovytsky V.M.

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Kyiv, Ukraine*

E-mail: delacroix1212@gmail.com, vborovytsky@yahoo.com

Now integrating spheres (ISs), including ones that uses light emitted diodes (LEDs) as primary light sources, have become essential components of modern photometric and calibration systems for optical sensors, digital cameras, photodiodes, and machine vision systems [1]. This work aims to compare the illuminance–current characteristics of several high-power LEDs and to identify suitable sources for a digitally controlled integrating sphere.

To reach maximal possible uniformity of brightness throughout IS output aperture all used LEDs should have similar illuminance–current characteristics. That is why only LEDs with similar characteristics can be selected for high uniformity IS. When these LEDs characteristics are known it is possible to apply individual current correction to guarantee the equal radiance of each LED inside IS.

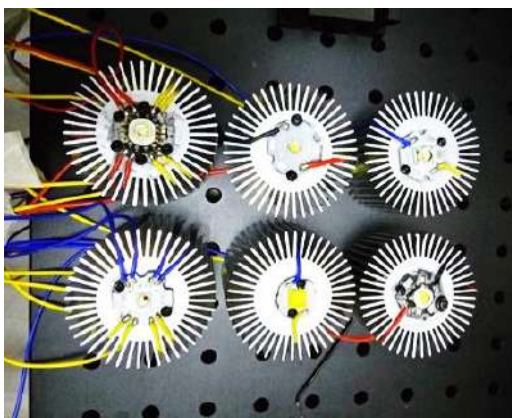


Fig. 1. Investigated LEDs with heat sinks.

There have been proposed and tested the technique for automatic measurement of LED illuminance–current characteristics based on State Standard of Ukraine and novel recommendations [2, 3]. Instead of implementation of special technical solution the designed IS is used for luminance measurements [4].

The set of powerful white LEDs was carefully investigated as the candidates for IS light sources (Fig. 1, Table 1).

Table 1. Main parameters of investigated LEDs

№	LED model	Power	Color	Color temperature, K	Voltage, V	Current, mA	Luminous flux, lm	Emission angle, deg
1	SZRZGT 3W High Power LED	3 W	Natural White	4000–4500	3.2–3.4	700	260–280	120°
2	XMLL2-20000K	10 W	Cold White	20000–30000	3.0–3.6	350–3000	1100–2000	115–120°
3	Cree XM-L	~5 W	Natural / Cool White	4000–6500	3.0–3.6	700–3000	300–900	~120°
4	Cree XRE	3 W	Cool White	6000–6500	3.2–3.6	350–1000	200–300	115–120°
5	Cree XHP7012	10–20 W	Neutral / Cool White	4000–6500	12.0	500–1000	2000–4000	~120°
6	OT-12RGBWW-C45	~5 W	White	3000–3500	3.0–3.6	500 - 1500	200 -300	~110-120°

The LEDs Illuminance-current characteristics are presented on Fig. 2, where each point represents the average value of three measurements. LEDs exhibit a quasi-linear region at low and medium currents, followed by saturation near upper operating limits, which is consistent with the classical electro-optical modeling of LED behavior (Fig. 2).

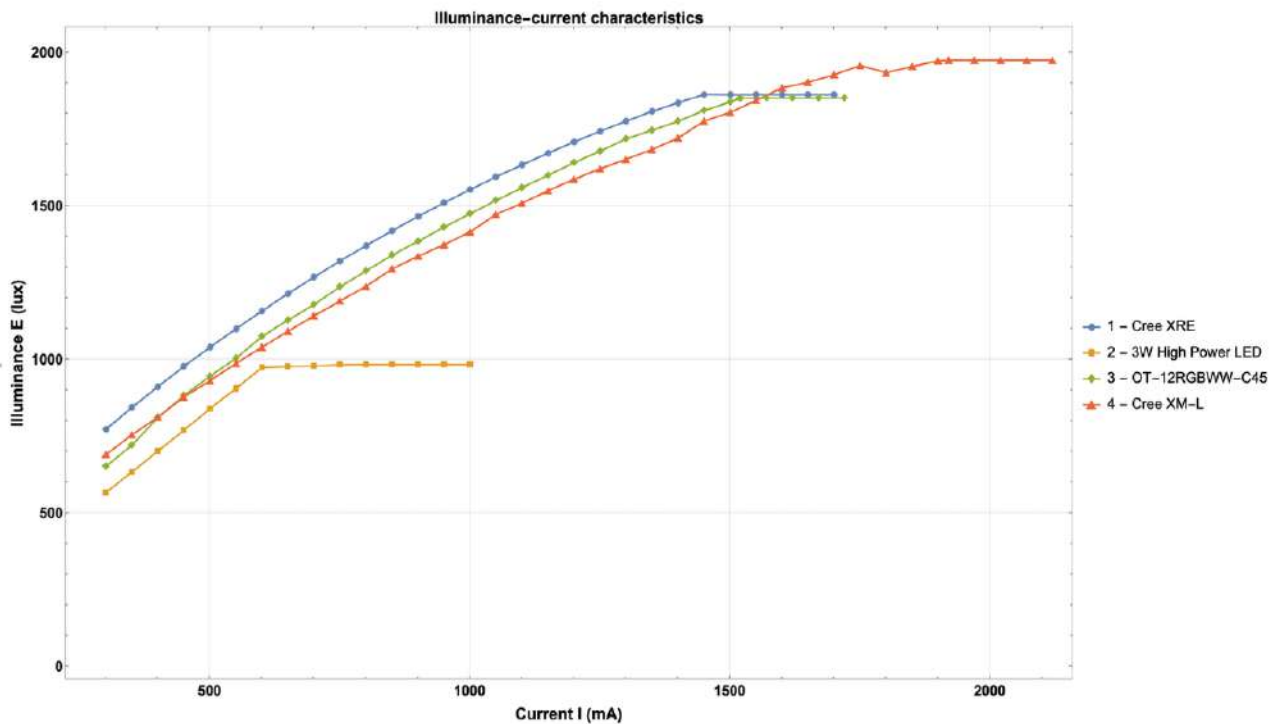


Fig. 2. Illuminance-current characteristic of high power LEDs.

For a direct comparison, Fig. 2 presents only the LEDs belonging to the comparable low-voltage class. Cree XMLL2 and Cree XHP7012V were excluded from this plot

because of their different power and voltage ranges. These data are used for design of IS digital control system that set the current to each LED depending on its luminance–current characteristics.

Keywords: integrating sphere, light emitting diode, measurement, luminance–current characteristics, digital control system.

References

- [1] Mikheenko, L. A., & Borovytsky, V. M., *Diffuse emitters based on integrating spheres: theory, metrology, and design*. Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2017, 148 p.
- [2] Nestulya, O. O., Kozhushko, G. M., Tkachenko, V. I., et. *Measurement of LEDs*. Kyiv, Ukraine: State Standard of Ukraine, 2019.
- [3] Ikonen, E., Recent advances and perspectives in photometry in the era of LED lighting. *Measurement Science and Technology*, 35, 2024, 021001, <https://doi.org/10.1088/1361-6501/ad0de6>
- [4] Skarzyński, K., Krzysztoń, T. Development of simple and affordable integrating device for accurate LED strip light measurement. *Sensors*, 25(17), 2025, 5533. <https://doi.org/10.3390/s25175533>

УДК 004.932 681.518.2

ЗАСОБИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Кравченко І. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: Kravchenko.Igor@lil.kpi.ua

Необхідним компонентом на етапі навчання систем штучного інтелекту є набори зображень (Data Sets) великого обсягу. Типовим способом збільшення обсягу набору зображень є функції геометричних перетворень під час цифрової обробки зображень (ЦОЗ). Найбільш вживаними в дослідницькому середовищі засобами ЦОЗ є система комп'ютерної математики MATLAB та скриптова (Script) алгоритмічна мова Python. Засоби геометричних перетворень для MATLAB містить бібліотека Image Processing Toolbox (IPT), для Python – бібліотеки Open CV (OCV), Python Image Library (PIL), SciPy тощо.

Проведено дослідження ефективності вбудованих засобів IPT MATLAB та Python для геометричних афінних (зсув, масштабування, обертання, перекошення) та перспективних гомографічних перетворень цифрових зображень.

Геометричні перетворення всі бібліотеки проводять як зі стандартними однобайтовими даними типу uint8, так і з розширеними даними типів uint16, float32, float64 (крім PIL). Всі бібліотеки містять як універсальні функції – одну для всіх різновидів перетворень, так і спеціалізовані для одного типу перетворень зі спрощеним викликом.