

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2020 • 3

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE 1944



ALMATY, NAS RK

Бас редакторы
х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі
М.Ж. Жұрынов

Редакция алқасы:

Адекенов С.М. проф., академик (Қазақстан) (бас ред. орынбасары)
Величкин В.И. проф., корр.-мүшесі (Ресей)
Вольдемар Вуйцик проф. (Польша)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Гордиенко А.И. проф., академик (Белорус)
Дука Г. проф., академик (Молдова)
Илолов М.И. проф., академик (Тәжікстан)
Кригер Виктор проф. (Германия)
Леска Богуслава проф. (Польша)
Локшин В.Н. проф., чл.-корр. (Қазақстан)
Нараев В.Н. проф. (Ресей)
Неклюдов И.М. проф., академик (Украина)
Нур Изура Удзир проф. (Малайзия)
Перни Стефано проф. (Ұлыбритания)
Потапов В.А. проф. (Украина)
Прокопович Полина проф. (Ұлыбритания)
Омбаев А.М. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Өтелбаев М.О. проф., академик (Қазақстан)
Садыбеков М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сатаев М.И. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Северский И.В. проф., академик (Қазақстан)
Сикорски Марек проф., (Польша)
Рамазанов Т.С. проф., академик (Қазақстан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Харин С.Н. проф., академик (Қазақстан)
Чечин Л.М. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Харун Парлар проф. (Германия)
Энджун Гао проф. (Қытай)
Эркебаев А.Э. проф., академик (Қырғыстан)

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»
ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.).
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 01.06.2006 ж.
берілген №5540-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.
Тиражы: 500 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219, 220 бөл.; тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2020

Типографияның мекенжайы: «NurNaz GRACE», Алматы қ., Рысқұлов көш., 103.

Главный редактор
д.х.н., проф., академик НАН РК
М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

Адекенов С.М. проф., академик (Казахстан) (зам. гл. ред.)
Величкин В.И. проф., чл.-корр. (Россия)
Вольдемар Вуйцик проф. (Польша)
Гончарук В.В. проф., академик (Украина)
Гордиенко А.И. проф., академик (Беларусь)
Дука Г. проф., академик (Молдова)
Илолов М.И. проф., академик (Таджикистан)
Кригер Виктор проф. (Германия)
Леска Богуслава проф. (Польша)
Локшин В.Н. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нараев В.Н. проф. (Россия)
Неклюдов И.М. проф., академик (Украина)
Нур Изура Удзир проф. (Малайзия)
Перни Стефано проф. (Великобритания)
Потапов В.А. проф. (Украина)
Прокопович Полина проф. (Великобритания)
Омбаев А.М. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Отелбаев М.О. проф., академик (Казахстан)
Садыбеков М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сатаев М.И. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Северский И.В. проф., академик (Казахстан)
Сикорски Марек проф., (Польша)
Рамазанов Т.С. проф., академик (Казахстан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Харин С.Н. проф., академик (Казахстан)
Чечин Л.М. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Харун Парлар проф. (Германия)
Энджун Гао проф. (Китай)
Эркебаев А.Э. проф., академик (Кыргызстан)

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 500 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; ком. 219, 220; тел. 272-13-19, 272-13-18,

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2020 г.

Адрес типографии: «NurNaz GRACE», г. Алматы, ул. Рыскулова, 103.

E d i t o r i n c h i e f

doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK

M.Zh. Zhurinov

E d i t o r i a l b o a r d :

Adekenov S.M. prof., academician (Kazakhstan) (deputy editor in chief)**Velichkin V.I.** prof., corr. member (Russia)**Voitsik Valdemar** prof. (Poland)**Goncharuk V.V.** prof., academician (Ukraine)**Gordiyenko A.I.** prof., academician (Belarus)**Duka G.** prof., academician (Moldova)**Iilov M.I.** prof., academician (Tadjikistan)**Krieger Viktor** prof. (Germany)**Leska Boguslava** prof. (Poland)**Lokshin V.N.** prof., corr. member (Kazakhstan)**Narayev V.N.** prof. (Russia)**Nekludov I.M.** prof., academician (Ukraine)**Nur Izura Udzir** prof. (Malaysia)**Perni Stephano** prof. (Great Britain)**Potapov V.A.** prof. (Ukraine)**Prokopovich Polina** prof. (Great Britain)**Ombayev A.M.** prof., corr. member (Kazakhstan)**Otelbayv M.O.** prof., academician (Kazakhstan)**Sadybekov M.A.** prof., corr. member (Kazakhstan)**Satayev M.I.** prof., corr. member (Kazakhstan)**Severskiy I.V.** prof., academician (Kazakhstan)**Sikorski Marek** prof., (Poland)**Ramazanov T.S.** prof., academician (Kazakhstan)**Takibayev N.Zh.** prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief**Kharin S.N.** prof., academician (Kazakhstan)**Chechin L.M.** prof., corr. member (Kazakhstan)**Kharun Parlar** prof. (Germany)**Endzhun Gao** prof. (China)**Erkebayev A.Ye.** prof., academician (Kyrgyzstan)**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

ISSN 2224-5227

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty).

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006.

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 500 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

N. S. Buktukov, K. A. Vasin

Mining Institute named after D. A. Kunayev, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: n.buktukov@mail.ru; kvas2500@mail.ru

ANALYSIS OF PHOTOCONVERSION CHARACTERISTICS AND PARAMETERS OF A HOLOGRAPHIC CONCENTRATOR FOR AN ENHANCED EFFICIENCY SOLAR CELL

Abstract. The article describes the microprocessor method for measuring parameters and characteristics of conversion of solar radiation using a holographic concentrator at its production for an enhanced efficiency solar cell. The measurement is done using the Arduino Nano microprocessor controller, the HC-SR04 ultrasonic distance sensor, the TCS34725 color sensor, and the BH1750 light sensor. Information from the digital measuring system is transmitted via a serial USB port to a laptop where it is processed using the Excel spreadsheet.

The developed system for determining the quality parameters and characteristics of the holographic concentrator ensures the obtainment of rational parameters for converting light flux and the necessary level of dispersion and focusing of solar radiation, which contributes to reaching the maximum efficiency of the solar cell.

Key words: microprocessor method, measurement, photoconversion characteristics, holographic concentrator, solar cell, microcontroller, distance sensor, light sensor, color sensor.

Introduction. Microprocessor-based measurement and control systems are widely used in research by scientists from different countries [1-5].

The solar energy engineering is developing a sector related to the conversion of solar radiation into electrical energy using a holographic concentrator [6-8].

The principle of operation of the enhanced efficiency solar cell in line with the RK patent No. 31796 is described in detail in the article [9] and is shown in figure 1.

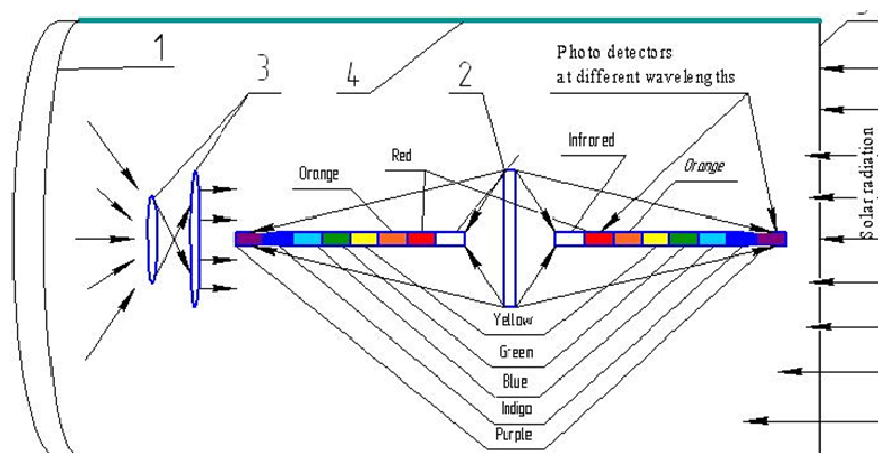


Figure 1 – Solar cell diagram

Figure 1 shows that the holographic concentrator is the most important element of the enhanced efficiency solar cell. It decomposes the light flux of solar energy on the optical axis into spectral components and focuses various wavelengths at a certain distance.

In the process of manufacturing a holographic concentrator with the required level of dispersion and focusing, it is necessary to determine qualitative characteristics of manufactured samples. To this end it is necessary to measure physical parameters of the light flux conversion.

For this, a digital measuring system was developed. It is shown in figure 2.

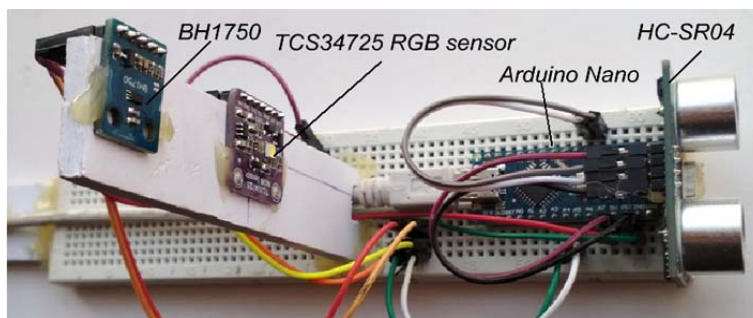


Figure 2 – The digital system for measuring quality characteristics of holographic concentrator samples

The digital measuring system contains an 8-bit Arduino Nano microprocessor controller and three digital sensors:

1. The HC-SR04 sensor for measuring the distance from the holographic concentrator;
2. The TCS34725 RGB sensor for measuring the color of a focused beam at the measurement point;
3. The BH1750 sensor for measuring the irradiance of the light flux transmitted through a holographic concentrator without spectral decomposition.

The HC-SR04 digital distance sensor employs acoustic ultrasonic radiation to determine the distance to the object. This contactless sensor ensures high accuracy and stability of measurements. The measurement range is from 2 cm to 400 cm. Solar radiation and electromagnetic noise practically do not affect sensor readings. The principle of operation of the digital sensor measuring the distance to the object is based on measuring the time delay of the reflected 40 kHz ultrasonic signal and is presented in figure 3.

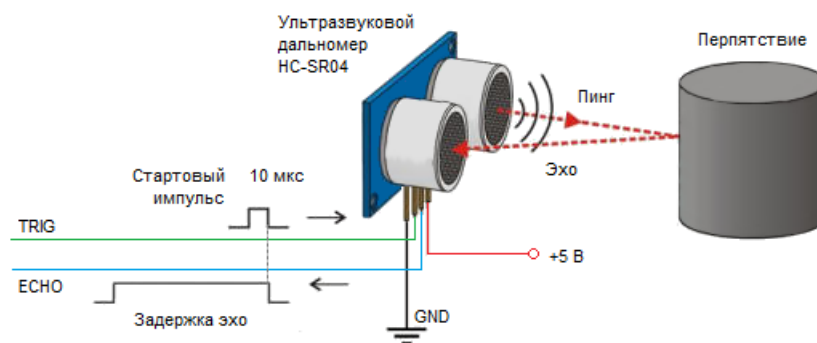


Figure 3 – Ultrasonic sensor for measuring the distance to the object: Стартовый импульс – Triggering pulse; Мкс - μ s; Задержка эхо – echo delay; Ультразвуковой дальномер – HC-SR04 ultrasonic distance measurer; Пинг – Ping; Эхо – Echo; Препятствие - Obstacle

The HC-SR04 distance sensor is connected to the digital pins D2 and D3 that are responsible for TRG (trigger signal) and ECHO (echo signal) respectively.

The TCS34725 RGB color sensor measures the total light intensity, the light intensity of the red, green and blue spectral range.

The TCS34725 color sensor reads data from a set of photodiodes arranged in the form of an 8×8 matrix, which includes 16 photodiodes with blue filters, 16 photodiodes with green filters, 16 photodiodes with red filters and 16 photodiodes without filters. Four types of color photodiodes alternate to minimize the effect of uneven intensity of incident radiation [10].

The BH 1750 sensor measures the visible light intensity in the range from from 380 nm (violet) to 780 nm (red) [11].

The TCS34725 and BH1750 sensors are connected via a two-wire I2C interface, and supplied from +5 V. The I2C interface in Arduino boards is implemented on analog pins A4 and A5, which are responsible for SDA (data bus) and SCL (clock bus) respectively [12, 13].

Research Method. Figure 4 shows the electrical circuit diagram of a digital system for measuring the qualitative characteristics of holographic concentrator samples.

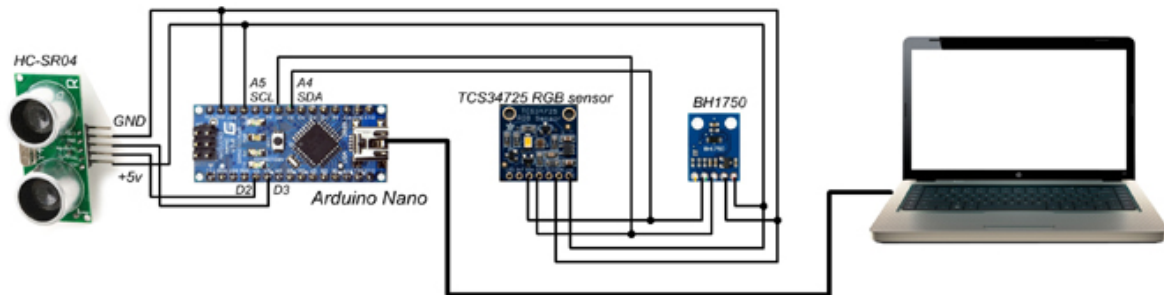


Figure 4 – The electrical circuit diagram of a digital system for measuring the qualitative characteristics of holographic concentrator samples

The program code recorded in the microprocessor controller using a laptop initializes digital sensors, reads the measured parameters and transfers data to the laptop for storage and analysis.

The obtained data are recorded on a laptop in an Excel spreadsheet, where the radiation intensity graphs in lux are analyzed and plotted depending on the distance to the holographic concentrator for: C - full-color spectrum, R - red spectrum, G - green spectrum and B - blue spectrum.

The digital system for measuring the qualitative characteristics of holographic concentrator samples is shown in figure 5.



Figure 5 – The digital system for measuring the qualitative characteristics of holographic concentrator samples

Research Results and Discussion. Using a digital system for measuring quality characteristics, three samples of holographic concentrators were analyzed. The measurements were performed on February 24, 2020 from 15.00 to 16.00 p.m. in the city of Almaty, the Republic of Kazakhstan. The light beam focused by the holographic concentrator was manually pointed at the photosensor matrix. This explains the spike in intensity.

Table below shows the results of measuring the illumination of the light flux transmitted through holographic concentrators disregarding the spectral decomposition.

Results of measuring the illumination of the light flux transmitted through holographic concentrators disregarding the spectral decomposition, %

| No | Light Sun, lux | Light in, lux | % |
|----|----------------|---------------|----|
| 1 | 20,653 | 7,233 | 35 |
| 2 | 20,653 | 5,775 | 28 |
| 3 | 20,653 | 8,467 | 41 |

Here, ‘Light Sun’ is the input intensity of the light flux, and ‘Light in’ is the light intensity of the light flux transmitted through holographic concentrators disregarding the spectral decomposition.

Figures 6, 7 and 8 show diagrams of the qualitative characteristics of holographic concentrators No. 1, No. 2 and No. 3 respectively.

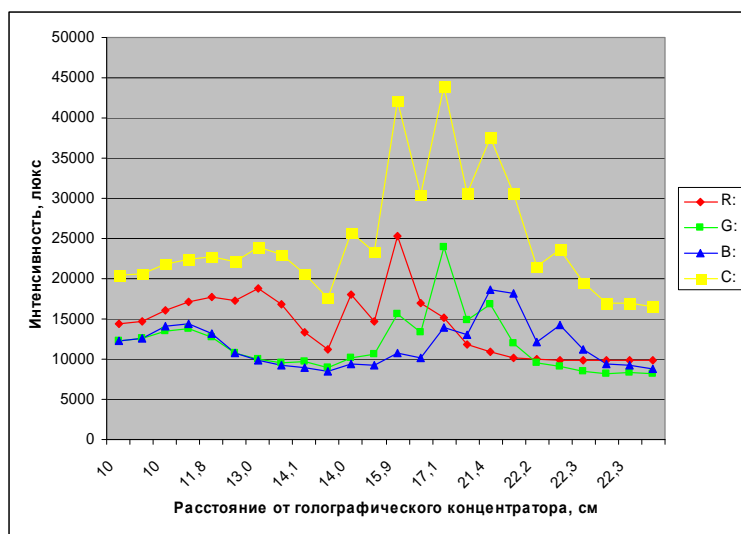


Figure 6 – Spectral decomposition of the light flux and its intensity (holographic concentrator No. 1):
 Интенсивность, люкс – Intensity, lux; Расстояние от голографического концентратора, см – Distance from the holographic concentrator, cm

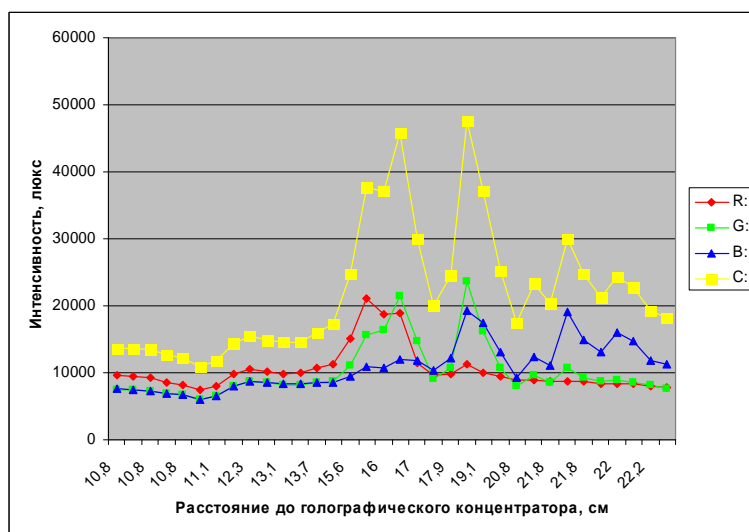


Figure 7 – Spectral decomposition of the light flux and its intensity (holographic concentrator No. 2)

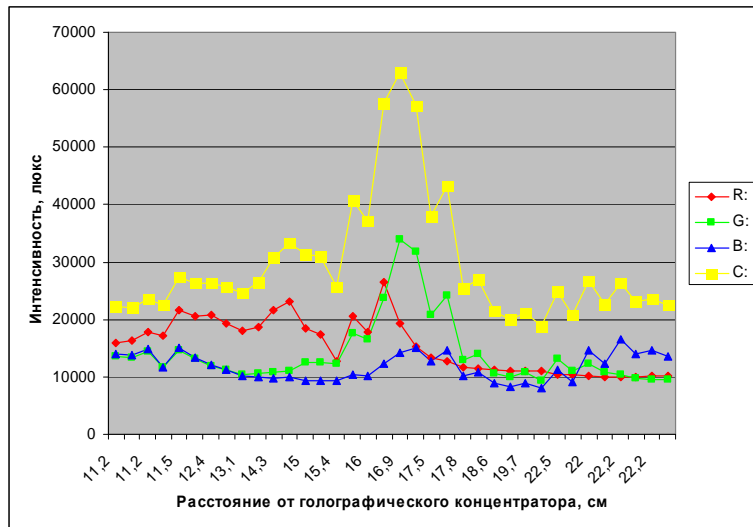


Figure 8 – Spectral decomposition of the light flux and its intensity (holographic concentrator No. 3)

The diagrams of the qualitative characteristics of holographic concentrators No. 1, No. 2 and No. 3 show that the manufacturing parameters affect the quality of dispersion and focusing. In particular, sample No. 1 decomposes the light flux more evenly. While concentrator No. 2 is characterized by the best light flux conversion coefficient and the worst dispersion. All parameters of the third concentrator are lower than in the first one.

Conclusion. The developed digital system for measuring the parameters and qualitative characteristics of the holographic concentrator ensures the determination of physical parameters of the light flux conversion and achievement of the required dispersion and focusing of solar radiation, which contributes to the maximum efficiency of the solar cell.

Н. С. Буктуков, К. А. Васин

Д. А. Қонаев атындағы Тау-кен ісі институты, Алматы, Қазақстан

ПАЙДАЛЫ ӘСЕР КОЭФФИЦИЕНТІ ЖОҒАРЫ КҮН БАТАРЕЯСЫ ҮШІН ГОЛОГРАФИЯЛЫҚ КОНЦЕНТРАТОРДЫҢ ФОТОТҮРЛЕНДІРГІШ СИПАТТАМАЛАРЫН ТАЛДАУ

Аннотация. Мақалада пайдалы әсер коэффициенті жоғары күн батареясы үшін оны дайындау кезінде голографиялық концентратордың күн радиациясының түрлендіру параметрлері мен сипаттамаларын өлшеудің микропроцессорлық тәсілі сипатталады. Өлшеу "Arduino Nano" микропроцессорлық контроллерінің, "HC-SR04" қашықтықтық ультрадыбыстық белгі бергіш, "TCS34725" түс белгі бергішінің және "BH1750" жарық белгі бергішінің көмегімен жүргізіледі. Ақпарат сандық өлшеу жүйесінен тізбекті USB порты арқылы ноутбукқа беріліп, "Excel" кестелік процессоры арқылы өңделеді.

Сандық өлшеуіш жүйенің көмегімен сапалық сипаттамаларды анықтау үшін голографиялық концентраторлардың үш үлгісі талданды. Өлшеу Қазақстан Республикасы Алматы қаласында 2020 жылғы 24 ақпанда сағат 15-00-ден 16-00-ге дейін жүргізілді. Фотобелгі бергіш матрицасының аумағына жарық сәулесінің голографиялық концентратормен тоғыстырылу қолмен жүргізілді. Бұл қарқындылықтың күрт өзгеруін түсіндіреді.

Кестеде спектр бойынша ыдырау ескерілмеген голографиялық концентраторлар арқылы өткен жарық ағынының жарықтандырылу өлшеу нәтижелері келтірілген.

Спектр бойынша ыдырау ескерілмеген голографиялық концентраторлар арқылы өткен жарық ағынының жарықтандырылуын өлшеу нәтижелері, %

| No | Light Sun, люкс | Light in, люкс | % |
|----|-----------------|----------------|----|
| 1 | 20653 | 7233 | 35 |
| 2 | 20653 | 5775 | 28 |
| 3 | 20653 | 8467 | 41 |

Бұл жерде Light Sun-жарық ағынының кіріс қарқындылығы, ал Light in-спектр бойынша ыдырау ескерілмеген голографиялық концентраторлар арқылы өткен жарық ағынының жарықтану қарқындылығы.

Өлшеу нәтижелері бойынша үш түрлі голографиялық концентраторлар үшін сапалық сипаттамалардың графиктері жасалды.

Голографиялық концентраторлардың сапалық сипаттамаларынан алынған графиктері, дайындау параметрлеріне байланысты диспергирлеу және фокустау сапасының әртүрлі деңгейі орын алатынын көрсетеді, атап айтқанда, бірінші үлгі спектр бойынша жарық ағынын біркелкі таратады. Екінші концентраторда жарық ағынын түрлендірудің ең жақсы коэффициенті, бірақ нашар диспергирлеу. Үшінші нұсқада барлық көрсеткіштер бірінші нұсқадан төмен.

Голографиялық концентратордың сапалық параметрлері мен сипаттамаларын анықтаудың әзірленген жүйесі жарық ағынын түрлендірудің ұтымды параметрлерін және күн радиациясының диспергирлеу мен фокусталуының қажетті деңгейін алуға мүмкіндік береді, ол күн батареясының пайдалы әсерінің максималды коэффициентін алуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: микропроцессорлық әдіс, өлшеу, фототүрлендіргіш сипаттамалар, голографиялық концентратор, күн батареясы, микроконтроллер, қашықтық белгі бергіші, жарық белгі бергіші, түс белгі бергіші.

Н. С. Буктуков, К. А. Васин

Институт горного дела им. Д. А. Кунаева, Алматы, Казахстан

АНАЛИЗ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТОРА ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ С ПОВЫШЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ

Аннотация. В статье описывается микропроцессорный способ измерения фотопреобразовательных характеристик голографического концентратора при изготовлении его для солнечной батареи с повышенным коэффициентом полезного действия. Измерение проводится с помощью микропроцессорного контроллера «Arduino Nano», ультразвукового датчика расстояния «HC-SR04», датчика цветности «TCS34725» и датчика освещенности «BH1750». Информация с цифровой измерительной системы передается через последовательный USB порт в ноутбук, где обрабатывается с помощью табличного процессора «Excel».

При помощи смонтированной цифровой измерительной системы определения качественных характеристик были проанализированы три образца голографических концентраторов. Измерения проводились 24 февраля 2020 года с 15-00 до 16-00 часов в городе Алматы Республики Казахстан. Наведение сфокусированного голографическим концентратором светового луча на область матрицы фотодатчиков проводилось вручную. Это объясняет резкие скачки интенсивности.

В таблице приведены результаты измерения освещенности светового потока прошедшего через голографические концентраторы без учета разложения по спектру.

Результаты измерения освещенности светового потока прошедшего через голографические концентраторы без учета разложения по спектру, %

| No | Light Sun, люкс | Light in, люкс | % |
|----|-----------------|----------------|----|
| 1 | 20653 | 7233 | 35 |
| 2 | 20653 | 5775 | 28 |
| 3 | 20653 | 8467 | 41 |

Здесь Light Sun – входная интенсивность светового потока, а Light in – интенсивность освещенности светового потока прошедшего через голографические концентраторы без учета разложения по спектру.

По результатам измерения составлены графики качественных характеристик соответственно для трех различных голографических концентраторов.

Полученные графики качественных характеристик голографических концентраторов показывают, что в зависимости от параметров изготовления имеет место различный уровень качества диспергирования и фокусировки, в частности, первый образец более равномерно разлагает световой поток по спектру. Так, у второго концентратора лучший коэффициент преобразования светового потока, но худшее диспергирование. В третьем варианте все показатели ниже, чем в первом варианте.

Разработанная система определения качественных параметров и характеристик голографического концентратора позволяет получить рациональные параметры преобразования светового потока и

необходимый уровень диспергирования и фокусировки солнечной радиации, который способствует получению максимального коэффициента полезного действия солнечной батареи.

Ключевые слова: микропроцессорный способ, измерение, фотопреобразовательные характеристики, голографический концентратор, солнечная батарея, микроконтроллер, датчик расстояния, датчик освещенности, датчик цветности.

Работа выполнена в рамках программы BR05236263 «Создание основ серийного производства казахстанских источников возобновляемой энергии мирового уровня».

Information about the authors:

Buktukov Nikolaj Sadvakasovic, Academician of the NAS of the Republic of Kazakhstan, Honored Inventor of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director of the Mining Institute named after D.A. Kunayev, Almaty, Kazakhstan; n.buktukov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6370-8557>

Vasin Konstantin Andreevich, Senior Researcher, Mining Institute named after D.A. Kunayev, Almaty, Kazakhstan; kvas2500@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4257-2061>

REFERENCES

- [1] Sinha N.K. Microprocessors in Control Systems. In: Sinha N.K. (eds) Microprocessor-Based Control Systems. International Series on Microprocessor-Based Systems Engineering. Vol. 4. Springer (1986), Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-4708-51>
- [2] Shoureshi R., Kubota N. Microprocessor-Based Control Systems: A First Step in Teaching Mechatronics, IFAC Proceedings Volumes. Vol. 25, Issue 12, June 1991. P. 103-107. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)50097-X](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)50097-X)
- [3] Yi Xianjun, Liu Cuimei. Development of high-Precision Temperature Measurement System Based on ARM, 2009 9th International Conference on Electronic Measurement & Instruments. DOI: 10.1109/ICEMI.2009.5274028
- [4] Yuan Sannan, Wang Shaoxu. Parameter Measurement through Network Based on Embedded System, 2011 International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring. DOI: 10.1109/CDCIEM.2011.463
- [5] Isebergenov N., Taissariyeva K., Seidalieva U., Danilchenko V. Microprocessor control system for solar power station // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. Vol. 1, N 433 (2019). 107 – 111. ISSN 2224-5278. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.13>
- [6] Hull J., Lauer J., Broadbent D. Holographic solar concentrators, Energy. March–April 1987. Vol. 12, Issues 3–4. P. 209-215. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(87\)90079-X](https://doi.org/10.1016/0360-5442(87)90079-X)
- [7] Wagemann Ermit & Froehlich Ing & Schulat J. & Schuette Hartmut & Stojanoff Christo (1993) Design and Optimization of a Holographic Concentrator for Two-Color PV Operation. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 2017.
- [8] Ferrara M.A. & Striano Valerio & Coppola Giuseppe (2019) Volume Holographic Optical Elements as Solar Concentrators: An Overview. Applied Sciences. 9. 193., DOI: 10.3390/app9010193.
- [9] Buktukov N.S., Vasin K.A. Experimental Research of New Generation Solar Cells // Reports of The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Vol. 5, 2019. ISSN 2224-5227. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-1483.19>
- [10] TCS34725 Color Light-to-Digital Converter with IR Filter - TAOS Inc., August 2012. [electronic resource] access mode: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/TCS34725.pdf>
- [11] BH1750, BH1750 Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC TAOS Inc., July 2009 – [electronic resource] - access mode: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/350139/ROHM/BH1750FVI.html>
- [12] Gonsales R., Vuds R. Digital Processing of Inventions. Tehnosfera, 2012. 1104 p. ISBN 9785948363318 (in Russ.).
- [13] Petin V.A. Projects Involving the Use of Arduino Controller. BHV-Peterburg, 2014. 400 p. ISBN 9785977533379 (in Russ.).

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Редакторы: *М. С. Ахметова, Г. Б. Халидуллаева, Д. С. Аленов*

Верстка на компьютере *А.Д. Абдрахимовой*

Подписано в печать 10.06.2020.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

16,5 п.л. Тираж 500. Заказ 3.