

ABSTRACT AND REFERENCES

APPLIED PHYSICS

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228533

DEVELOPMENT OF A SPECIAL CELL FOR OPTICAL AND ELECTROCHEMICAL MEASUREMENTS USING 3D PRINTING AND MODERN ELECTRONIC BASE (p. 6–13)**Valerii Kotok**Ukrainian State University
of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine
Vyatka State University, Kirov, Russian Federation
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8879-7189>**Vadym Kovalenko**Ukrainian State University
of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine
Vyatka State University, Kirov, Russian Federation
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8012-6732>

A special design of the measuring cell was proposed, which makes it possible to determine the optical and electrochemical characteristics of thin-film electrochromic electrodes simultaneously. Also, the proposed cell provides constant temperature control using a small-sized thermostating unit built on Peltier elements and digital boards of W1209 thermostats.

The cell was made using 3D printing with ABS plastic by the fused deposition method (FDM), followed by a sealing stage using a solution of polymethyl methacrylate dissolved in dichloroethane.

In the course of the research, the use of a green laser with a wavelength of 520 nm was substantiated. Separately, the linearity of optical readings, the dependence of the indicators of the optical characteristics measurement system on temperature, as well as the uniformity of electrolyte heating in the cell, were studied. In addition, the pattern of the electric field was determined, which was an indicator of the uniformity of the current density distribution on the measured electrode.

The obtained dependences made it possible to assert that the characteristics of the cell and the measuring system as a whole are suitable for the stated research purposes.

It was also shown that the cost of the cell, together with the optical measuring system and the constant temperature control system, is more than two times cheaper than simple electrochemical cells offered by manufacturers.

The proposed algorithm for the development of the cell design, the approach to the selection of components, as well as the given technical details, allow us to manufacture measuring equipment for the specific goals of the researcher. In this case, the given schematic, structural, and hardware solutions can be used separately from each other.

Keywords: measuring cell, 3D printing, electrochromism, optical characteristics, electrochemical characteristics, KOH.

References

- Granqvist, C. G., Arvizu, M. A., Bayrak Pehlivan, İ., Qu, H.-Y., Wen, R.-T., Niklasson, G. A. (2018). Electrochromic materials and devices for energy efficiency and human comfort in buildings: A critical review. *Electrochimica Acta*, 259, 1170–1182. doi: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2017.11.169>
- Cai, G., Eh, A. L.-S., Ji, L., Lee, P. S. (2017). Recent Advances in Electrochromic Smart Fenestration. *Advanced Sustainable Systems*, 1 (12), 1700074. doi: <https://doi.org/10.1002/advs.201700074>
- Kraft, A. (2018). Electrochromism: a fascinating branch of electrochemistry. *ChemTexts*, 5 (1). doi: <https://doi.org/10.1007/s40828-018-0076-x>
- Son, M., Shin, D., Lee, C. S. (2020). Facile Fabrication of Trimodal Switchable Mirror Device with Zero Transmittance in the Black State. *Advanced Materials Interfaces*, 8 (3), 2001416. doi: <https://doi.org/10.1002/admi.202001416>
- Boeing's New 777X to Offer Gentex Dimmable Windows (2019). Available at: <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/01/08/1682175/0/en/Boeing-s-New-777X-to-Offer-Gentex-Dimmable-Windows.html>
- Smart Glass for Better Buildings. Available at: https://www.sageglass.com/en/products?utm_source=google&utm_medium=paidsearch&utm_campaign=electrochromic&utm_content=electrochromic-windows&gclid=CjwKCAiAm-2BBhANEiwAe7eyFNbN9DXHoaXuCEUg74XSID0gWFyyLTQ3nE3EyQ3sPWtW9VYHFUKBhBoCuS8QAvD_BwE
- Kotok, V., Kovalenko, V. (2020). Influence of used polyvinyl alcohol grade on the electrochromic properties of Ni(OH)₂-PVA composite films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (107)), 58–65. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.214239>
- Kotok, V., Kovalenko, V. (2020). A study of the influence of polyvinyl pyrrolidone concentration in the deposition electrolyte on the properties of electrochromic Ni(OH)₂ films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (106)), 31–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210857>
- Kotok, V., Kovalenko, V. (2020). A study of the increased temperature influence on the electrochromic and electrochemical characteristics of Ni(OH)₂-PVA composite films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (105)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205352>
- Kotok, V., Kovalenko, V. (2020). Selection of the formation mode of a zinc mesh electrode for an electrochromic device with the possibility of energy recovery. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (104)), 13–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200559>
- Kotok, V., Kovalenko, V., Kirillova, E., Efimov, A., Sykchin, A., Kamalov, K. et. al. (2020) Study of the Ni(OH)₂ Electrochromic Properties of Films Deposited on FTO Glass With an Additional Conducting Layer. *EUREKA: Physics and Engineering*, 4, 70–77. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001359>
- Kotok, V. A., Kovalenko, V. L. (2019). Non-Metallic Films Electroplating on the Low-Conductivity Substrates: The Conscious Selection of Conditions Using Ni(OH)₂ Deposition as an Example. *Journal of The Electrochemical Society*, 166 (10), D395–D408. doi: <https://doi.org/10.1149/2.0561910jes>
- Electrochemical Cell for Three Electrode System. Available at: <https://www.ossila.com/products/electrochemical-cell-three-electrode?variant=31729906352224>

14. Elektrohimicheskaya yacheyka E-3S. Available at: <https://potentiostat.ru/product/электрохимическая-ячейка-э-3с>
15. R/T/A Spectro-EC 1.75 ml – Reflection / Transmission / Absorption Spectro-Electrochemical Cell. Available at: <https://redox.me/products/r-t-a-spectro-ec-1-75-ml-reflection-transmission-absorption-spectro-electrochemical-cell>
16. PECC Cells – Zahner photo-electrochemical cells. Available at: <https://www.zimmerpeacocktech.com/partner-products/zahner-products/pecc-cells/>
17. Photoelectrochemical Cell. Available at: <https://orders.gamry.com/photoelectrochemical-cell.html>
18. Quartz Photoelectrochemical Cells. Available at: <https://pineresearch.com/shop/products/photoelectrochemistry/single-chamber/quartz-photoelectrochemical-cells-2/>
19. Materiienko, A. S., Hrudko, V. A., Georgiyants, V. A. (2013). Methodology Development Definitions of Tartrazine and Carmoisine in the Syrup «Gripout Baby». *Aktual'nye problemy meditsiny*, 25 (168), 232–238.
20. Kotok, V., Kovalenko, V. (2018). A study of the effect of cycling modes on the electrochromic properties of Ni(OH)₂ films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (96)), 62–69. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.150577>
21. PRESSURE ABS Chemical Resistance Guide. Available at: <https://www.ipexna.com/media/10193/resistance-guide-en-ipex-abs.pdf>
22. KELCO Chemical compatibility chart ABS. Available at: <https://www.kelco.com.au/wp-content/uploads/2009/02/abs-chemical-compatibility-guide.pdf>
23. Kovalenko, V. L., Kotok, V. A., Sykchin, A., Ananchenko, B. A., Chernyad'ev, A. V., Burkov, A. A. et. al. (2020). Al³⁺ Additive in the Nickel Hydroxide Obtained by High-Temperature Two-Step Synthesis: Activator or Poisoner for Chemical Power Source Application? *Journal of The Electrochemical Society*, 167 (10), 100530. doi: <https://doi.org/10.1149/1945-7111/ab9a2a>
24. BPX 61 Metal Can® TO39 Silicon PIN Photodiode. Available at: https://static6.arrow.com/aropdfconversion/8d0ab7bc73d995d11bce2eb486ffade0752567f1/bpx61_en.pdf
25. Neiva, E. G. C., Oliveira, M. M., Bergamini, M. F., Marcolino, L. H., Zarbin, A. J. G. (2016). One material, multiple functions: graphene/Ni(OH)₂ thin films applied in batteries, electrochromism and sensors. *Scientific Reports*, 6 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/srep33806>
26. W1209 Temperature Control Switch. Available at: <http://www.kelco.rs/katalog/images/17670.pdf>
27. Meloni, G. N. (2016). Building a Microcontroller Based Potentiostat: A Inexpensive and Versatile Platform for Teaching Electrochemistry and Instrumentation. *Journal of Chemical Education*, 93 (7), 1320–1322. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00961>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228655
DESIGNING A STRUCTURE OF THE
MAGNETICALLY ACTIVE PART OF DIPOLE
ELECTROMAGNETS FOR THE SYSTEM
OF VERTICAL CONVERGENCE-SEPARATION
OF BEAMS (p. 14–22)

Andriy Getman

National Technical University
 «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2849-3575>

This paper reports the results of calculating the magnetic parameters for a direct dipole magnet in the system of vertical convergence-separation of particle beams of the upper and lower rings of the heavy-ion collider. An optimized variant of the yoke and superconducting winding structures has been obtained, providing for the assigned value of a homogeneous magnetic field inside the aperture at the minimized contributions of higher-order harmonics, average-integral along the length. The results from the analysis of the transverse projections of the magnetic induction obtained by 2D modeling of two variants of the design of the central cross-section of the dipole electromagnet are presented. The analysis results have established the dependence of the stability of magnetic parameters in the aperture of the electromagnet when the current in the winding changes on the volume of those yoke regions whose magnetization value is close to saturation. A 3D model of the magnetically active part has been built for two variants of the electromagnet design, and the values of the average-integral harmonics of transverse projections of magnetic induction in the aperture have been calculated. The relationship between the third average-integral harmonic of magnetic induction and the size lengths of the yoke and winding has been empirically established, making it possible to correct the heterogeneity of the transverse magnetic field in the aperture of the electromagnet. The results of optimization of the structure of the magnetically active part of the electromagnet are presented on the criteria for a minimum of the values of the average-integral coefficients of magnetic induction, carried out on the basis of correction of the initial geometric parameters of the yoke and winding. An improvement in the stability of magnetic parameters has been demonstrated, by 3 times, as well as a two-fold reduction in the contribution to the heterogeneity by the third average-integral harmonic when using a two-row arrangement of the winding turns inside the yoke in the design of the electromagnet.

Keywords: dipole electromagnet, superconducting winding, beam of particles, magnetic field harmonic coefficient.

References

1. Russenschuck, S. (2011). *Differential Geometry Applied to Coil-End Design. Field Computation for Accelerator Magnets: Analytical and Numerical Methods for Electromagnetic Design and Optimization*. Wiley, 609–636. doi: <https://doi.org/10.1002/9783527635467.ch19>
2. De Matteis, E., Russenschuck, S., Arpaia, P. (2016). Magnetic field mapper based on rotating coils. *CERN-THE-SIS-2016-147*. Available at: <https://cds.cern.ch/record/2229576/files/CERN-THESIS-2016-147.pdf>
3. Erdelyi, B., Berz, M., Lindemann, M. (2015). Differential Algebra Based Magnetic Field Computations and Accurate Fringe Field Maps. *Vestnik SPbGU*, 4, 36–55. Available at: https://www.researchgate.net/publication/293654228_Differential_Algebra_Based_Magnetic_Field_Computations_and_Accurate_Fringe_Field_Maps
4. Getman, A. (2018). Cylindrical harmonic analysis of the magnetic field in the aperture of the superconducting winding of an electromagnet. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (5 (91)), 4–9. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123607>
5. Tereshonkov, Yu. V., Andrianov, S. N., Jakšić, M., Pastuović, Ž., Tadić, T. (2011). Mathematical modeling of ion microprobes with fringe fields effects. *Vestnik S.-Petersburg Univ.*, 1 (10), 60–75. Available at: <http://www.mathnet.ru/links/1d38526c78f98926a424359457b90960/vspui20.pdf>

6. Schnizer, P., Fischer, E., Schnizer, B. (2014). Cylindrical circular and elliptical, toroidal circular and elliptical multipoles fields, potentials and their measurement for accelerator magnets. arXiv.org. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1410.8090.pdf>
7. Mierau, A. (2013). Numerische und experimentelle Untersuchungen gekoppelter elektromagnetischer und thermischer Felder in supraleitenden Beschleunigermagneten. Darmstadt. Available at: <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/id/eprint/3311>
8. Trubnikov, G., Sidorin, A., Shurkhno, N. (2014). NICA cooling program. *Cybernetics and Physics*, 3 (3), 137–146. Available at: <http://lib.physcon.ru/file?id=991262ea43a7>
9. Khodzhibagiyan, H. G., Agapov, N. N., Akishin, P. G., Bli-nov, N. A., Borisov, V. V., Bychkov, A. V. et. al. (2014). Superconducting Magnets for the NICA Accelerator Collider Complex. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 24 (3), 1–4. doi: <https://doi.org/10.1109/tasc.2013.2285119>
10. Getman, A. (2018). Development of the technique for improving the structure of a magnetic field in the aperture of a quadrupole electromagnet with a superconducting winding. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (5 (95)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142163>
11. Technical Project of the Object «NICA Complex» (2018). Available at: https://nica.jinr.ru/documents/TDR_spec_Fin0_for_site_eng.pdf
12. Wolff, S. (1992). Superconducting accelerator magnet design. *AIP Conference Proceedings*, 249. doi: <https://doi.org/10.1063/1.41989>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227135
FEATURES FOR THE DESIGN OF A SPECIALIZED INFORMATION-MEASURING SYSTEM FOR THE STUDY OF THERMOELECTRIC PROPERTIES OF SEMICONDUCTORS (p. 23–31)

Roman Dunets

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3325-7908>

Bogdan Dzundza

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6657-5347>

Liliia Turovska

Ivano-Frankivsk National Medical University,
 Ivano-Frankivsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3530-7518>

Myroslav Pavlyuk

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,
 Ivano-Frankivsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5663-2918>

Omelian Poplavskiy

Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,
 Ivano-Frankivsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7711-0855>

Methods for studying thermoelectric parameters of semiconductors that are optimal for the implementation of software and hardware have been analyzed and selected. It is based on the Harman method and its modifications, adapted for pulse measurements, which are convenient to implement

on a modern element base. An important advantage of these methods is the absence of the need for accurate measurements of heat fluxes, which greatly simplifies and reduces the time for conducting experimental research.

The required operating ranges for the voltage $10 \mu\text{V}–1 \text{ V}$, for the current $10 \mu\text{A}–300 \text{ mA}$ and the element base performance at the processing level of 40–200 million samples per second have been determined. Structural and electrical circuits, as well as software for a specialized computer system for studying thermoelectric parameters of both bulk and thin-film thermoelectric materials, and express analysis of the operational characteristics of finished modules have been developed. It has been shown that the proposed scheme copes well with the task. And the use of FPGA and 32-bit microcontrollers provide sufficient processing speed up to 200 MSPS and the necessary synchronization modes for the implementation of the Harman pulse method even when studying films of nanometer thickness.

Experimental studies of both bulk thermoelectric modules based on Bi_2Te_3 and thin-film thermoelectric material based on PbTe have been carried out. The effectiveness of the developed tools and techniques has been shown, which made it possible to more than halve the time for sample preparation and experiment. Based on the presented models, all the main thermoelectric and operational parameters have been determined, in particular, electrical conductivity, Seebeck coefficient, thermal conductivity, thermoelectric figure of merit.

As a result of the development of specialized computer tools, it was possible to reduce the labor intensity of the process of measuring the main electrical and operational parameters of semiconductor thermoelectric materials and energy conversion modules based on them, as well as to automate the process of defects identification of thermoelectric modules. The labor intensity of the research process has decreased not only due to the automation of the measurement process, but also due to an optimized technique that allows research on a sample of one configuration, since the manufacture and preparation of samples are the most laborious.

Keywords: computer tools, information-measuring systems, signal processing, microcontroller systems, circuit design, speed, thermoelectric properties, defects identification.

References

1. Beltrán-Pitarch, B., Prado-Gonjal, J., Powell, A. V., García-Cañadas, J. (2019). Experimental conditions required for accurate measurements of electrical resistivity, thermal conductivity, and dimensionless figure of merit (ZT) using Harman and impedance spectroscopy methods. *Journal of Applied Physics*, 125 (2), 025111. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5077071>
2. Vineis, C. J., Shakouri, A., Majumdar, A., Kanatzidis, M. G. (2010). Nanostructured Thermoelectrics: Big Efficiency Gains from Small Features. *Advanced Materials*, 22 (36), 3970–3980. doi: <https://doi.org/10.1002/adma.201000839>
3. Ruvinskii, M. A., Kostyuk, O. B., Dzundza, B. S. (2016). The Influence of the Size Effects on the Thermoelectrical Properties of PbTe Thin Films. *Journal of Nano- and Electronic Physics*, 8 (2), 02051-1–02051-6. doi: [http://doi.org/10.21272/jnep.8\(2\).02051](http://doi.org/10.21272/jnep.8(2).02051)
4. Freik, D. M., Dzundza, B. S., Lopyanko, M. A., Yavorsky, Ya. S., Tkachuk, A. I., Letsyn, R. B. (2012). Structure and Electrical Properties of Thin Films of Pure and Bismuth-Doped

- Lead Telluride. *Journal of Nano- and Electronic Physics*, 4 (2), 02012-1–02012-5. Available at: https://jnep.sumdu.edu.ua/uk/component/content/full_article/392
5. Dunets, R., Dzundza, B., Deichakivskiy, M., Mandzyuk, V., Terletsky, A., Poplavskiy, O. (2020). Methods of computer tools development for measuring and analysis of electrical properties of semiconductor films. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (9 (103)), 32–38. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.195253>
 6. Martin, J., Tritt, T., Uher, C. (2010). High temperature Seebeck coefficient metrology. *Journal of Applied Physics*, 108 (12), 121101. doi: <https://doi.org/10.1063/1.3503505>
 7. De Boor, J., Müller, E. (2013). Data analysis for Seebeck coefficient measurements. *Review of Scientific Instruments*, 84 (6), 065102. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4807697>
 8. Druzhinin, A., Ostrovskii, I., Khoverko, Y., Rogacki, K., Kogut, I., Golota, V. (2018). Nanoscale polysilicon in sensors of physical values at cryogenic temperatures. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 29 (10), 8364–8370. doi: <https://doi.org/10.1007/s10854-018-8847-0>
 9. Burkov, A. T., Fedotov, A. I., Novikov, S. V. (2016). Methods and Apparatus for Measuring Thermopower and Electrical Conductivity of Thermoelectric Materials at High Temperatures. *Thermoelectrics for Power Generation – A Look at Trends in the Technology*. doi: <https://doi.org/10.5772/66290>
 10. Kumar, A., Patel, A., Singh, S., Kandasami, A., Kanjilal, D. (2019). Apparatus for Seebeck coefficient measurement of wire, thin film, and bulk materials in the wide temperature range (80–650 K). *Review of Scientific Instruments*, 90 (10), 104901. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5116186>
 11. Tur, Y., Pavlovskiy, Y., Virt, I. (2019). Measurement of Thermoelectric Parameters of Thin-Film Semiconductor Materials Using the Harman Method. *Physics and Chemistry of Solid State*, 20 (3), 306–310. doi: <https://doi.org/10.15330/pcss.20.3.306-310>
 12. Harman, T. C., Cahn, J. H., Logan, M. J. (1959). Measurement of Thermal Conductivity by Utilization of the Peltier Effect. *Journal of Applied Physics*, 30 (9), 1351–1359. doi: <https://doi.org/10.1063/1.1735334>
 13. Favaloro, T., Ziabari, A., Bahk, J.-H., Burke, P., Lu, H., Bowers, J. et. al. (2014). High temperature thermoreflectance imaging and transient Harman characterization of thermoelectric energy conversion devices. *Journal of Applied Physics*, 116 (3), 034501. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4885198>
 14. Farzaneh, M., Maize, K., Lüerßen, D., Summers, J. A., Mayer, P. M., Raad, P. E. et. al. (2009). CCD-based thermoreflectance microscopy: principles and applications. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 42 (14), 143001. doi: <https://doi.org/10.1088/0022-3727/42/14/143001>
 15. Gromov, G. G., Yershova, L. B. (2007). Complex method to control the quality of construction and performance reliability of thermoelectric modules in optoelectronic devices. *Applied physics*, 4, 99–106. Available at: <http://applphys.orion-ir.ru/appl-07/07-4/PF-07-4-99.pdf>
 16. Defossez, M. (2012). Serial LVDS High-Speed ADC Interface. XAPP524. v1.1. XILINX. Available at: https://www.xilinx.com/support/documentation/application_notes/xapp524-serial-lvds-adc-interface.pdf
 17. Interfacing Analog to Digital Converters to FPGAs. A Lattice Semiconductor White Paper (2007). Available at: <http://application-notes.digchip.com/030/30-20827.pdf>
 18. Dunets, R., Dzundza, B., Kostyuk, O. (2020). Specialized software and hardware for impedance spectroscopy of thermoelectric energy converters. *Measuring Equipment and Metrology*, 81 (4), 18–24. doi: <https://doi.org/10.23939/istcmtm2020.04.018>
 19. Penco, G., Barni, D., Michelato, P., Pagani, C. (2001). Thermal properties measurements using laser flash technique at cryogenic temperature. PACS2001. Proceedings of the 2001 Particle Accelerator Conference (Cat. No. 01CH37268). doi: <https://doi.org/10.1109/pac.2001.986637>
-
- DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228735**
DEVELOPMENT OF A MODEL OF ELECTRIC IMPEDANCE IN THE CONTACT BETWEEN THE SKIN AND A CAPACITIVE ACTIVE ELECTRODE WHEN MEASURING ELECTROCARDIOGRAM IN COMBUSTIOLOGY (p. 32–38)
- Arsen Savchuk**
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0454-4948>
- Long-term ECG (electrocardiogram) measurement in patients with burns is a complicated problem since the overlapping of surface contact electrodes can lead to additional injuries. The possibility of ECG recording in patients with burns using capacitive electrodes was not proved, and there are no models of the electrode contact with a patient's body while rehabilitation means are used.
- In this paper, the model of the contact between capacitive electrodes and the skin was modified and the circuit model of the contact: skin – bandages (saline solution) – film – active capacitive electrode, was described. The influence of the parameters of a capacitive electrode on the frequency response of the contact of an electrode with skin was assessed. It was found that contact capacitance is crucial to obtain a high-quality ECG signal. The parameters of the impedance of bandages, saline solution, a dielectric film were calculated, and their effect on the frequency response was studied. Based on the modified model, the frequency response of contact was modeled taking into consideration all the calculated parameters; it was found that the resulting frequency response of the contact corresponds to the frequency range of the ECG signal. Analysis of the calculations proves the possibility of using capacitive electrodes when applying various rehabilitation means. It was found that at a change in the impedance of the saline solution from 0.1 gigaohms to 1 gigaohm, the changes in the frequency response of the contact are not crucial for the final quality of the received signal.
- All calculations were carried out by modeling in the Qucs environment (ngspice SPICE).
- Simulation results can be used in the development of new types of capacitive electrocardiographic electrodes. The proposed model can be used to study other wound covers, as well as to model physiological processes when putting artificial skin and wound covers.
- Keywords:** electrocardiography, capacitive electrodes, burn injury, biomedical electrodes, impedance modeling.
- References**
1. Burns (2018). World Health Organization. Available at: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/burns>
 2. Kozynets, H. P., Sliessenko, S. V., Sorokina, O. Yu., Klyhunencko, O. M., Tsyhankov, V. P. (2008). Opikova travma ta yii naslidky. Dnipropetrovsk, 224.

3. Perederiy, V. H., Tkach, S. M. (2010). *Osnovy vnutrishnoi medytsyny*. Vol. 3. Vinnytsia, 1006.
4. Lin, B.-S., Chou, W., Wang, H.-Y., Huang, Y.-J., Pan, J.-S. (2013). Development of Novel Non-Contact Electrodes for Mobile Electrocardiogram Monitoring System. *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 1, 1–8. doi: <https://doi.org/10.1109/jtehm.2013.2253598>
5. Wannenburg, J., Malekian, R., Hancke, G. P. (2018). Wireless Capacitive-Based ECG Sensing for Feature Extraction and Mobile Health Monitoring. *IEEE Sensors Journal*, 18 (14), 6023–6032. doi: <https://doi.org/10.1109/jsen.2018.2844122>
6. Sullivan, T. J., Deiss, S. R., Cauwenberghs, G. (2007). A Low-Noise, Non-Contact EEG/ECG Sensor. 2007 IEEE Biomedical Circuits and Systems Conference. doi: <https://doi.org/10.1109/biocas.2007.4463332>
7. Chi, Y. M., Jung, T.-P., Cauwenberghs, G. (2010). Dry-Contact and Noncontact Biopotential Electrodes: Methodological Review. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 3, 106–119. doi: <https://doi.org/10.1109/rbme.2010.2084078>
8. Sun, Y., Yu, X. B. (2016). Capacitive Biopotential Measurement for Electrophysiological Signal Acquisition: A Review. *IEEE Sensors Journal*, 16 (9), 2832–2853. doi: <https://doi.org/10.1109/jsen.2016.2519392>
9. Nahaichuk, V. I. (2010). Suchasni pidkhody do nadannia dopomohy khvorym z opikamy. *Mystetstvo likuvannia. Suchasni preparaty ta tekhnolohiyi*, 5 (71), 24–27. Available at: <http://www.health-medic.com/articles/mistetzvo/2010-05-27/10VINHZO.pdf>
10. Volume Resistivity (2021). *Specialchem*. Available at: <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/volume-resistivity>
11. Precision Micropower, Low Noise CMOS, Rail-to-Rail Input/Output Operational Amplifiers (2008). AD8603/AD8607/AD8609. Analog Devices, Inc. Available at: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/AD8603_8607_8609.pdf
12. ADS111x Ultra-Small, Low-Power, I2C-Compatible, 860-SPS, 16-Bit ADCs With Internal Reference, Oscillator, and Programmable Comparator (2018). Texas Instruments. Available at: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1113.pdf?ts=1613353031876&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FADS1113
13. Kwon, O., Jeong, J., Kim, H. B., Kwon, I. H., Park, S. Y., Kim, J. E., Choi, Y. (2018). Electrocardiogram Sampling Frequency Range Acceptable for Heart Rate Variability Analysis. *Healthcare Informatics Research*, 24 (3), 198. doi: <https://doi.org/10.4258/hir.2018.24.3.198>
14. Karki, J. (2020). Understanding Operational Amplifier Specifications. Texas Instruments Incorporated. Available at: <https://www.ti.com/lit/pdf/sloa011>
15. Tenenhaus, M., Rennekampff, H.-O. (2020). Topical agents and dressings for local burn wound care. UpToDate, Inc. Available at: https://www.uptodate.com/contents/topical-agents-and-dressings-for-local-burn-wound-care?search=Topical%20agents%20and%20dressings%20for%20local%20burn%20wound%20care&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1
16. Kovalenko, O. M. (2010). Modern Coverage of Wound (Review). *Suchasni medychni tekhnolohiyi*, 4, 88–97.
17. Douglas, H. E., Wood, F. (2017). Burns dressings. *Australian Family Physician*, 46 (3), 94–97.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228806
LIGHT HARVESTING ENHANCEMENT USING METAL NANOPARTICLES (p. 39–45)

Mohammad Tariq Yaseen

University of Mosul, Mosul, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7173-8684>

Metal nanoparticles are very important for their optical properties when they interact with light. Metal nanoparticles have the ability to confine the collective oscillation of electrons, which is called localized surface plasmon resonance (LSPR). In this work, silver nanoparticles have been proposed to enhance light harvesting, which could be useful for different applications. Metal nanoparticles such as gold and silver nanoparticles have the ability to concentrate field in a very small space. In this study, gold and silver nanoparticles optical response was investigated using frequency domain simulation. The resonance wavelength of gold and silver nanoparticles was about 550 nm and 400 nm, respectively.

Silver nanoparticles showed better LSPR performance than gold nanoparticles. Therefore, silver nanoparticles were chosen for optical field enhancement. Here silver nanoparticles were placed on a silicon substrate for optical field enhancement. To study the effect of size on the optical response of silver nanoparticles, the optical properties of this structure with different silver nanoparticles diameter values were investigated. Silver nanoparticles with 40 nm diameters showed a better optical response. To study the effect of the distance between silver nanoparticles on the optical response, different gap values were put between silver nanoparticles. The gap value of 4 nm showed a better optical response. The obtained results showed that the localized field is strongly dependent on the metal type, size, and space between nanoparticles. In addition, the optical field concentration can be controlled by tuning the size and space between silver nanoparticles. This will support localized field enhancement. The enhanced localized field will increase the field absorption near the surface, which can be beneficial for energy harvesting applications such as solar cells and detectors.

Keywords: silver nanoparticles, LSPR, light harvesting, optical response, light confinement, field enhancement, gold nanoparticles, silicon substrate.

References

1. Zhang, C., Tang, N., Shang, L., Fu, L., Wang, W., Xu, F. et al. (2017). Local surface plasmon enhanced polarization and internal quantum efficiency of deep ultraviolet emissions from AlGaIn-based quantum wells. *Scientific Reports*, 7 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02590-7>
2. Wu, F., Sun, H., AJia, I. A., Roqan, I. S., Zhang, D., Dai, J. et al. (2017). Significant internal quantum efficiency enhancement of GaN/AlGaIn multiple quantum wells emitting at ~350 nm via step quantum well structure design. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 50 (24), 245101. doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6463/aa70dd>
3. Luo, L.-B., Xie, W.-J., Zou, Y.-F., Yu, Y.-Q., Liang, F.-X., Huang, Z.-J., Zhou, K.-Y. (2015). Surface plasmon propelled high-performance CdSe nanoribbons photodetector. *Optics Express*, 23 (10), 12979. doi: <https://doi.org/10.1364/oe.23.012979>
4. Panoiu, N. C., Sha, W. E. I., Lei, D. Y., Li, G.-C. (2018). Non-linear optics in plasmonic nanostructures. *Journal of Optics*,

- 20 (8), 083001. doi: <https://doi.org/10.1088/2040-8986/aac8ed>
5. Wilson, W. M., Stewart, J. W., Mikkelsen, M. H. (2018). Surpassing Single Line Width Active Tuning with Photochromic Molecules Coupled to Plasmonic Nanoantennas. *Nano Letters*, 18 (2), 853–858. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.7b04109>
 6. Sugimoto, H., Yashima, S., Fujii, M. (2018). Hybridized Plasmonic Gap Mode of Gold Nanorod on Mirror Nanoantenna for Spectrally Tailored Fluorescence Enhancement. *ACS Photonics*, 5 (8), 3421–3427. doi: <https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.8b00693>
 7. Chen, S., Zhang, Y., Shih, T.-M., Yang, W., Hu, S., Hu, X. et al. (2018). Plasmon-Induced Magnetic Resonance Enhanced Raman Spectroscopy. *Nano Letters*, 18 (4), 2209–2216. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.7b04385>
 8. Ma, R.-M., Oulton, R. F. (2018). Applications of nanolasers. *Nature Nanotechnology*, 14 (1), 12–22. doi: <https://doi.org/10.1038/s41565-018-0320-y>
 9. Zhang, D., Du, Y., Yang, C., Zeng, P., Yu, Y., Xie, Y. et al. (2020). Tuning plasmonic nanostructures in graphene-based nano-sandwiches using ultraviolet/ozone functionalization. *Journal of Materials Science*, 56 (2), 1359–1372. doi: <https://doi.org/10.1007/s10853-020-05376-x>
 10. Norville, C. A., Smith, K. Z., Dawson, J. M. (2020). Parametric optimization of visible wavelength gold lattice geometries for improved plasmon-enhanced fluorescence spectroscopy. *Applied Optics*, 59 (8), 2308. doi: <https://doi.org/10.1364/ao.384653>
 11. Tavakkoli Yaraki, M., Daqiqeh Rezaei, S., Tan, Y. N. (2020). Simulation guided design of silver nanostructures for plasmon-enhanced fluorescence, singlet oxygen generation and SERS applications. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 22 (10), 5673–5687. doi: <https://doi.org/10.1039/c9cp06029d>
 12. Hooshmand, N., Bordley, J. A., El-Sayed, M. A. (2016). The Sensitivity of the Distance Dependent Plasmonic Coupling between Two Nanocubes to their Orientation: Edge-to-Edge versus Face-to-Face. *The Journal of Physical Chemistry C*, 120 (8), 4564–4570. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.6b01102>
 13. Zhu, W., Esteban, R., Borisov, A. G., Baumberg, J. J., Nordlander, P., Lezec, H. J. et al. (2016). Quantum mechanical effects in plasmonic structures with subnanometre gaps. *Nature Communications*, 7 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/ncomms11495>
 14. Weeraddana, D., Premaratne, M., Andrews, D. L. (2016). Quantum electrodynamics of resonance energy transfer in nanowire systems. *Physical Review B*, 93 (7). doi: <https://doi.org/10.1103/physrevb.93.075151>
 15. Yaseen, M. T., Rasheed, A. A. (2021). Aluminum based nanostructures for energy applications. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 19 (2), 683. doi: <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v19i2.18146>
 16. Ho, W.-J., Su, S.-Y., Lee, Y.-Y., Syu, H.-J., Lin, C.-F. (2015). Performance-Enhanced Textured Silicon Solar Cells Based on Plasmonic Light Scattering Using Silver and Indium Nanoparticles. *Materials*, 8 (10), 6668–6676. doi: <https://doi.org/10.3390/ma8105330>
 17. Dao, V.-D., Choi, H.-S. (2016). Highly-Efficient Plasmon-Enhanced Dye-Sensitized Solar Cells Created by Means of Dry Plasma Reduction. *Nanomaterials*, 6 (4), 70. doi: <https://doi.org/10.3390/nano6040070>
 18. Cai, B., Li, X., Zhang, Y., Jia, B. (2016). Significant light absorption enhancement in silicon thin film tandem solar cells with metallic nanoparticles. *Nanotechnology*, 27 (19), 195401. doi: <https://doi.org/10.1088/0957-4484/27/19/195401>
 19. Peng, P., Liu, Y.-C., Xu, D., Cao, Q.-T., Lu, G., Gong, Q., Xiao, Y.-F. (2017). Enhancing Coherent Light-Matter Interactions through Microcavity-Engineered Plasmonic Resonances. *Physical Review Letters*, 119 (23). doi: <https://doi.org/10.1103/physrevlett.119.233901>
 20. Abdullah, F. Y., Yaseen, M. T., Huseen, Y. M. (2021). Portable heartbeat rate monitoring system by WSN using LabVIEW. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 10 (1), 353–360. doi: <http://dx.doi.org/10.12785/ijcds/100135>
 21. Flatabø, R., Coste, A., Greve, M. M. (2016). A systematic investigation of the charging effect in scanning electron microscopy for metal nanostructures on insulating substrates. *Journal of Microscopy*, 265 (3), 287–297. doi: <https://doi.org/10.1111/jmi.12497>
 22. Hugall, J. T., Singh, A., van Hulst, N. F. (2018). Plasmonic Cavity Coupling. *ACS Photonics*, 5 (1), 43–53. doi: <https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.7b01139>
 23. Vasa, P., Lienau, C. (2017). Strong Light–Matter Interaction in Quantum Emitter/Metal Hybrid Nanostructures. *ACS Photonics*, 5 (1), 2–23. doi: <https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.7b00650>
 24. Chevrier, K., Benoit, J.-M., Symonds, C., Paparone, J., Laverdant, J., Bellessa, J. (2017). Organic Exciton in Strong Coupling with Long-Range Surface Plasmons and Waveguided Modes. *ACS Photonics*, 5 (1), 80–84. doi: <https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.7b00556>
 25. Sun, J., Hu, H., Zheng, D., Zhang, D., Deng, Q., Zhang, S., Xu, H. (2018). Light-Emitting Plexciton: Exploiting Plasmon-Exciton Interaction in the Intermediate Coupling Regime. *ACS Nano*, 12 (10), 10393–10402. doi: <https://doi.org/10.1021/acsnano.8b05880>
 26. Huang, Y., Ma, L., Li, J., Zhang, Z. (2017). Nanoparticle-on-mirror cavity modes for huge and/or tunable plasmonic field enhancement. *Nanotechnology*, 28 (10), 105203. doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6528/aa5b27>
 27. Liu, B., Gong, W., Yu, B., Li, P., Shen, S. (2017). Perfect Thermal Emission by Nanoscale Transmission Line Resonators. *Nano Letters*, 17 (2), 666–672. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.6b03616>
 28. Neubrech, F., Huck, C., Weber, K., Pucci, A., Giessen, H. (2017). Surface-Enhanced Infrared Spectroscopy Using Resonant Nanoantennas. *Chemical Reviews*, 117 (7), 5110–5145. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00743>
 29. Martí-Sabaté, M., Torrent, D. (2021). Dipolar Localization of Waves in Twisted Phononic Crystal Plates. *Physical Review Applied*, 15 (1). doi: <https://doi.org/10.1103/physrevapplied.15.011001>
 30. Choi, S. W., Oh, M. W., Park, D. J., Park, S. (2020). A Simulation Study for Field Enhancement due to Multiresonant Localized Surface Plasmon Excitation in the truncated Octahedral Gold Nanoparticle Arrays. *Journal of the Korean Physical Society*, 77 (12), 1148–1152. doi: <https://doi.org/10.3938/jkps.77.1148>
 31. Van Tiggelen, B. A., Skipetrov, S. E. (2020). Longitudinal modes in diffusion and localization of light. arXiv.org. URL: <https://arxiv.org/pdf/2012.11210.pdf>
 32. Liu, S., Xu, Z., Yin, X., Zhao, H. (2020). Analog of multiple electromagnetically induced transparency using double-layer

- ered metasurfaces. *Scientific Reports*, 10 (1). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65418-x>
33. Lott, M., Roux, P., Seydoux, L., Tallon, B., Pelat, A., Skipterov, S., Colombi, A. (2020). Localized modes on a meta-surface through multiwave interactions. *Physical Review Materials*, 4 (6). doi: <https://doi.org/10.1103/physrevmaterials.4.065203>
 34. Litvin, I. A., Mueller, N. S., Reich, S. (2020). Selective excitation of localized surface plasmons by structured light. *Optics Express*, 28 (16), 24262. doi: <https://doi.org/10.1364/oe.399225>
 35. Devaraj, V., Lee, J.-M., Lee, D., Oh, J.-W. (2020). Defining the plasmonic cavity performance based on mode transitions to realize highly efficient device design. *Materials Advances*, 1 (2), 139–145. doi: <https://doi.org/10.1039/d0ma00111b>
 36. Chuntunov, L., Rubtsov, I. V. (2020). Surface-enhanced ultrafast two-dimensional vibrational spectroscopy with engineered plasmonic nano-antennas. *The Journal of Chemical Physics*, 153 (5), 050902. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0013956>
 37. Meng, Y., Zhang, Q., Lei, D., Li, Y., Li, S., Liu, Z. et al. (2020). Plasmon-Induced Optical Magnetism in an Ultrathin Metal Nanosphere-Based Dimer-on-Film Nanocavity. *Laser & Photonics Reviews*, 14 (9), 2000068. doi: <https://doi.org/10.1002/lpor.202000068>
 38. Fang, R., Vorobyev, A., Guo, C. (2016). Direct visualization of the complete evolution of femtosecond laser-induced surface structural dynamics of metals. *Light: Science & Applications*, 6 (3), e16256–e16256. doi: <https://doi.org/10.1038/lsa.2016.256>
 39. Abid, M. I., Wang, L., Chen, Q.-D., Wang, X.-W., Juodkazis, S., Sun, H.-B. (2017). Angle-multiplexed optical printing of biomimetic hierarchical 3D textures. *Laser & Photonics Reviews*, 11 (2), 1600187. doi: <https://doi.org/10.1002/lpor.201600187>
 40. Li, X., Hu, Y., Deng, Z., Xu, D., Hou, Y., Lou, Z., Teng, F. (2017). Efficiency improvement of polymer solar cells with random micro-nanostructured back electrode formed by active layer self-aggregation. *Organic Electronics*, 41, 362–368. doi: <https://doi.org/10.1016/j.orgel.2016.11.029>
 41. Wang, X., Deng, Y., Li, Q., Huang, Y., Gong, Z., B Tom, K., Yao, J. (2016). Excitation and propagation of surface plasmon polaritons on a non-structured surface with a permittivity gradient. *Light: Science & Applications*, 5 (12), e16179–e16179. doi: <https://doi.org/10.1038/lsa.2016.179>
 42. Kats, M. A., Blanchard, R., Genevet, P., Capasso, F. (2012). Nanometre optical coatings based on strong interference effects in highly absorbing media. *Nature Materials*, 12 (1), 20–24. doi: <https://doi.org/10.1038/nmat3443>
 43. Sun, T., Metin Akinoglu, E., Guo, C., Paudel, T., Gao, J., Wang, Y. et al. (2013). Enhanced broad-band extraordinary optical transmission through subwavelength perforated metallic films on strongly polarizable substrates. *Applied Physics Letters*, 102 (10), 101114. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4795151>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228812

DEVELOPMENT OF A THREE-ZONE COMBUSTION MODEL FOR STRATIFIED-CHARGE SPARK-IGNITION ENGINE (p. 46–57)

Volodymyr Korohodskyi

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1605-4631>

Andrii Rogovyi

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6057-4845>

Oleksandr Voronkov

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8389-2459>

Andrii Polivyanchuk

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9966-1938>

Pavlo Gakal

National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3043-2448>

Oleksii Lysytsia

National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5679-8459>

Igor Khudiakov

Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8900-7879>

Tamara Makarova

Vinnitsia National Technical University, Vinnitsya, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0669-8350>

Mariia Hnyp

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3662-0941>

Yevhen Haiek

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7470-9918>

A thermodynamic model for calculating the operating process in the cylinder of a spark-ignition engine with internal mixture formation and stratified air-fuel charge based on the volume balance method was developed. The model takes into account the change in the working fluid volume during the piston movement in the cylinder.

The equation of volume balance of internal mixture formation processes during direct fuel injection into the engine cylinder was compiled. The equation takes into account the adiabatic change in the volume of the stratified air-fuel charge, consisting of fuel-air mixture volume and air volume. From the heat balance equation, the change in the fuel-air mixture volume during gasoline evaporation in the fuel stream and from the surface of the fuel film due to external heat transfer was determined.

Basic equations of combustion-expansion processes of the stratified air-fuel charge were derived, taking into account three zones corresponding to combustion products, fuel-air mixture and air volumes. The equation takes into account the change in the working fluid volume due to heat transfer and heat exchange between the zones and the walls of the

above-piston volume. Dependences for determining the temperature in the three considered zones and pressure in the cylinder were obtained.

Graphs of changes in the volumes of the combustion products, fuel-air mixture and air zones with the change of the above-piston volume in partial load modes ($n=3,000$ rpm) were plotted. With increasing load from $b_{mep}=0.144$ MPa to $b_{mep}=0.322$ MPa, at the moment of fuel ignition, the volume of the fuel-air mixture increases from 70 % to 92 % of the above-piston volume. At the same time, the air volume decreases from 30 % to 8 %.

Analysis of theoretical and experimental indicator diagrams showed that discrepancies in the maximum combustion pressure do not exceed 5 %.

Keywords: three-zone combustion model, engine operating process, stratified air-fuel charge.

References

- World Energy Outlook 2020. IEA. Available at: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>
- Parsadanov, I., Marchenko, A., Tkachuk, M., Kravchenko, S., Polyvianchuk, A., Stokov, A. et. al. (2020). Complex Assessment of Fuel Efficiency and Diesel Exhaust Toxicity. SAE Technical Paper Series. doi: <https://doi.org/10.4271/2020-01-2182>
- Liu, W. (2013). Introduction to Hybrid Vehicle System Modeling and Control. John Wiley & Sons Ltd. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118407400>
- Migal, V., Lebedev, A., Shuliak, M., Kalinin, E., Arhun, S., Korohodskiy, V. (2020). Reducing the vibration of bearing units of electric vehicle asynchronous traction motors. Journal of Vibration and Control, 107754632093763. doi: <https://doi.org/10.1177/1077546320937634>
- Leontiev, D. N., Voronkov, O., Korohodskiy, V., Hlushkova, D., Nikitchenko, I., Teslenko, E., Lykhodii, O. (2020). Mathematical Modelling of Operating Processes in the Pneumatic Engine of the Car. SAE Technical Paper Series. doi: <https://doi.org/10.4271/2020-01-2222>
- Panchuk, M., Kryshchtopa, S., Sladkowski, A., Kryshchtopa, L., Klochko, N. et. al. (2019). Efficiency of Production of Motor Biofuels for Water and Land Transport. Naše More, 66 (3), 6–12. doi: <https://doi.org/10.17818/nm/2019/3.8>
- Kryshchtopa, S., Kryshchtopa, L., Panchuk, M., Smigins, R., Dolishnii, B. (2021). Composition and energy value research of pyrolyse gases. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 628, 012008. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/628/1/012008>
- Kryshchtopa, S., Kryshchtopa, L., Melnyk, V., Dolishnii, B., Prunko, I., Demianchuk, Y. (2017). Experimental research on diesel engine working on a mixture of diesel fuel and fusel oils. Transport Problems, 12 (2), 53–63. doi: <https://doi.org/10.20858/tp.2017.12.2.6>
- Panchuk, M., Kryshchtopa, S., Panchuk, A. (2020). Innovative Technologies for the Creation of a New Sustainable, Environmentally Neutral Energy Production in Ukraine. 2020 International Conference on Decision Aid Sciences and Application (DASA). doi: <https://doi.org/10.1109/dasa51403.2020.9317165>
- Panchuk, M., Kryshchtopa, S., Panchuk, A., Kryshchtopa, L., Dolishnii, B., Mandryk, I., Sladkowski, A. (2019). Perspectives for developing and using the torrefaction technology in Ukraine. International Journal of Energy for a Clean Environment, 20 (2), 113–134. doi: <https://doi.org/10.1615/interjenercleanenv.2019026643>
- Panchuk, M., Kryshchtopa, S., Sladkowski, A., Panchuk, A. (2020). Environmental Aspects of the Production and Use of Biofuels in Transport. Lecture Notes in Networks and Systems, 115–168. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-42323-0_3
- Van Basshuysen, R. (Ed.) (2017). Ottomotor mit Direkteinspritzung und Direkteinblasung. Springer, 621. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-12215-7>
- Alturki, E. W. (2017). Four-Stroke and Two-Stroke Marine Engines Comparison and Application. International Journal of Engineering Research and Applications, 07 (04), 49–56. doi: <https://doi.org/10.9790/9622-0704034956>
- Eroschenko, S. A., Korogodskiy, V. A., Kagramanyan, A. A., Vrublevskiy, A. N., Vasilenko, O. V., Oboznyi, S. V. (2012). Eksperimental'nye issledovaniya dvigatelya s iskrovyim zazhiganiem i neposredstvennym vpryskivaniem topliva pri rabote na benzo-etanol'noy smesi. Dvigateli vnutrennego sgoraniya, 1, 8–9. Available at: http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/61/1/DVS_2012_1_Eroschenkov_Eksperimentalnye%20issledovaniya.pdf
- Korohodskiy, V. (2020). Comparison of technical, economic and environmental indicators of two-stroke and four-stroke engines according to load characteristics. Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University, 90, 80–94. doi: <https://doi.org/10.30977/bul.2219-5548.2020.90.0.80>
- Korohodskiy, V., Khandrymailov, A., Stetsenko, O. (2016). Dependence of the coefficients of residual gases on the type of mixture formation and the shape of a combustion chamber. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (5 (79)), 4–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.59789>
- Korohodskiy, V., Voronkov, A., Migal, V., Nikitchenko, I., Zenkin, E., Rublov, V., Rudenko, N. (2020). Determining the criteria and the degree of the stratification of the air-fuel charge in a cylinder of a spark-ignition engine during injecting fuel. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 977, 012002. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/977/1/012002>
- Korohodskiy, V., Kryshchtopa, S., Migal, V., Rogovyi, A., Polyvianchuk, A., Slyn'ko, G. et. al. (2020). Determining the characteristics for the rational adjusting of an fuel-air mixture composition in a two-stroke engine with internal carburation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (5 (104)), 39–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200766>
- Caton, J. (2018). The Thermodynamics of Internal Combustion Engines: Examples of Insights. Inventions, 3 (2), 33. doi: <https://doi.org/10.3390/inventions3020033>
- Bajwa, A. U., Patterson, M., Linker, T., Jacobs, T. J. (2019). A New Single-Zone Multi-Stage Scavenging Model for Real-Time Emissions Control in Two-Stroke Engines. ASME 2019 Internal Combustion Engine Division Fall Technical Conference. doi: <https://doi.org/10.1115/icef2019-7198>
- De Faria, M. M. N., Vargas Machuca Bueno, J. P., Ayad, S. M. M. E., Belchior, C. R. P. (2017). Thermodynamic simulation model for predicting the performance of spark ignition engines using biogas as fuel. Energy Conversion and Management, 149, 1096–1108. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.06.045>
- Finesso, R., Spessa, E. (2014). A real time zero-dimensional diagnostic model for the calculation of in-cylinder temperatures, HRR and nitrogen oxides in diesel engines. Energy

- Conversion and Management, 79, 498–510. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.12.045>
23. Douvartzides, S., Karmalis, I., Ntinias, N. (2020). Thermodynamic Cycle Analysis of an Automotive Internal Combustion Engine With the Characteristics of the Commercial BMW N54 Spark-Ignition Model. *Journal of Energy Resources Technology*, 142 (10). doi: <https://doi.org/10.1115/1.4046600>
 24. Caton, J. A. (2018). Maximum efficiencies for internal combustion engines: Thermodynamic limitations. *International Journal of Engine Research*, 19(10), 1005–1023. doi: <https://doi.org/10.1177/1468087417737700>
 25. Wissink, M. L., Splitter, D. A., Dempsey, A. B., Curran, S. J., Kaul, B. C., Szybist, J. P. (2017). An assessment of thermodynamic merits for current and potential future engine operating strategies. *International Journal of Engine Research*, 18 (1-2), 155–169. doi: <https://doi.org/10.1177/1468087416686698>
 26. Merker, G. P., Teichmann, R. (Eds.) (2014). *Grundlagen Verbrennungsmotoren. Funktionsweise, Simulation, Messtechnik*. Springer, 1132. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-03195-4>
 27. Kavtaradze, R. Z., Onischenko, D. O. (2013). Modelirovanie i raschet rabocheho protsessa v dvigatelyah. Odnozonnnye i mnogozonnye modele. V kn. RAN. Mashinostroenie. Entsiklopediya. Vol. IV-14. Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Moscow: Mashinostroenie, 102–113. Available at: <https://ua1lib.org/book/3240340/497a21?regionChanged=&redirect=227103051>
 28. Pischinger, R., Klell, M., Sams, T. (2009). *Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine*. Springer, 475. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-211-99277-7>
 29. Medina, A., Curto-Risso, P. L., Hernández, A. C., Guzmán-Vargas, L., Angulo-Brown, F., Sen, A. K. (2014). Quasi-Dimensional Simulation of Spark Ignition Engines. Springer-Verlag, 195. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5289-7>
 30. Wang, Y. (2020). A Novel Two-Zone Thermodynamic Model for Spark-Ignition Engines Based on an Idealized Thermodynamic Process. *Energies*, 13 (15), 3801. doi: <https://doi.org/10.3390/en13153801>
 31. Stepanenko, D., Kneba, Z. (2019). Thermodynamic modeling of combustion process of the internal combustion engines – an overview. *Combustion Engines*, 178 (3), 27–37. doi: <https://doi.org/10.19206/ce-2019-306>
 32. Kaprielian, L., Demoulin, M., Cinnella, P., Daru, V. (2013). Multi-Zone Quasi-Dimensional Combustion Models for Spark-Ignition Engines. SAE Technical Paper Series. doi: <https://doi.org/10.4271/2013-24-0025>
 33. Baratta, M., Ferrari, A., Zhang, Q. (2018). Multi-zone thermodynamic modeling of combustion and emission formation in CNG engines using detailed chemical kinetics. *Fuel*, 231, 396–403. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.05.088>
 34. Monteiro, E., Rouboa, A., Bellenoue, M., Boust, B., Sotton, J. (2014). Multi-zone modeling and simulation of syngas combustion under laminar conditions. *Applied Energy*, 114, 724–734. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.08.027>
 35. Sun, Z. Y., Xu, C. (2020). Turbulent burning velocity of stoichiometric syngas flames with different hydrogen volumetric fractions upon constant-volume method with multi-zone model. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45 (7), 4969–4978. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.12.054>
 36. Azarmanesh, S., Targhi, M. Z. (2021). Comparison of laser ignition and spark plug by thermodynamic simulation of multi-zone combustion for lean methane-air mixtures in the internal combustion engine. *Energy*, 216, 119309. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119309>
 37. Bhat, V., Tamma, B. (2014). Development of Multi-Zone Phenomenological Model for SI Engine. SAE Technical Paper Series. doi: <https://doi.org/10.4271/2014-01-1068>
 38. Glagolev, N. M. (1950). *Rabochie protsessy dvigateley vnutrennego sgoraniya*. Moscow: Mashgiz, 480. Available at: <https://ua1lib.org/book/2445345/fa8d8f>
 39. D'yachenko, V. G. (1970). Differentsial'nye uravneniya protsessa gazoobmena dvigateley vnutrennego sgoraniya. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya*, 11, 17–24. Available at: <https://www.twirpx.com/file/935076/>
 40. Martyr, A. J., Plint, M. A. (2012). *Engine Testing. The Design, Building, Modification and Use of Powertrain Test Facilities*. Butterworth-Heinemann. doi: <https://doi.org/10.1016/c2010-0-66322-x>
 41. Bernhard, F. (Ed.) (2014). *Handbuch der Technischen Temperaturmessung*. Springer Vieweg, 1619. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-24506-0>
 42. Korogodskiy, V. A., Stetsenko, O. N. (2016). Rezul'taty modelirovaniya protsessa sgoraniya rassloennogo toplivno-vozdushnogo zaryada v dvuhtaktnom dvigatele s iskrovym zazhiganiem. *Mizhnar. nauk.-prakt. ta nauk.-metod. konf.: Novitni tekhnolohiyi v avtomobilebuduvanni, transporti i pry pidhotovtsi fakhivtsiv*. Kharkiv: KhNADU, 216–217. Available at: https://af.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-AUTOMOBILE/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%97/2016_conf_III/sbornik_2016.pdf
 43. Kulygin, V. I., Korogodskiy, V. A., Kyrlyuk, I. O., Lomov, S. G. (2007). Pat. No. WO/2009/044225. A Method of Mixing in a Combustion Chamber of an Internal Combustion Engine and a Spark-Ignition Direct-Injection Stratified Fuel-Air Charge Internal Combustion Engine. No. WO/2009/044225; declared: 27.12.2007; published: 09.04.2009. Available at: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2009044225&tab=PCTBIBLIO>
 44. Hoppe, N., Weberbauer, F., Woschni, G., Zeilinger, K. (2003). Experimentelle Erfassung und Simulation des Betriebsverhaltens von Ottomotoren mit Direkteinspritzung. *MTZ – Motortechnische Zeitschrift*, 64 (7-8), 628–635. doi: <https://doi.org/10.1007/bf03227117>
 45. Korogodskiy, V. A. (2017). Nauchnye osnovy perspektivnyh rabochih protsessov dvigateley s vnutrennim smeseobrazovaniem i iskrovym zazhiganiem. Kharkiv: KhNADU, 380. Available at: http://library.kpi.kharkov.ua/uk/technics_Naospd
 46. Korohodskiy, V. A., Stetsenko, O. N., Tkachenko, E. A. (2015). The influence stratification of fuel and air charge on combustion indicators two-stroke engines with spark ignition. *Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport*, 154, 142–148. doi: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.154.2015.66009>
 47. Petrichenko, R. M. (1983). *Fizicheskie osnovy vnutritsilindrovnyh protsessov v dvigatelyah vnutrennego sgoraniya*. Leningrad: LGU, 244. Available at: <https://ua1lib.org/book/3084734/bb9887?regionChanged=&redirect=227115960>
 48. Spektorov, L. G., Gurlyand, A. D. (1975). Raschet isparennya benzina s poverhnosti zhidkoy plenki pri vpryske v dvigatel' s vosplameneniem ot iskry. *Dvigateli vnutrennego sgora-*

- niya, 22, 103–110. Available at: <https://www.twirpx.com/file/1564689/>
49. D'yachenko, V. G. (2009). *Teoriya dvigateley vnutrennego sgoraniya*. Kharkiv: KhNADU, 500. Available at: <https://1lib.nl/book/1275641/e44835>
50. Vibe, I. I. (1962). *Novoe o rabochem tsikle dvigateley*. Moscow: Mashgiz, 272. Available at: <https://ua1lib.org/book/2445326/eafc04>
51. Kavtaradze, R. Z. (2016). *Lokal'niy teploobmen v porshnevnykh dvigatelyah*. Moscow: Izd-vo MGTU im. N. E. Bauman, 520.
52. Kavtaradze, R. Z. (2016). *Teoriya porshnevnykh dvigateley. Spetsial'nye glavy*. Moscow: MGTU im. N.E. Bauman, 589. Available at: <https://ua1lib.org/book/4988543/f696f3>
53. Caton, J. A. (Ed.) (2015). *An Introduction to Thermodynamic Cycle Simulations for Internal Combustion Engines*. John Wiley & Sons, Ltd, 367. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119037576>
54. Heywood, J. B. (2018). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill Education. Available at: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781260116106>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228533

РОЗРОБКА НЕСТАНДАРТНОЇ КОМІРКИ ДЛЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ 3D ДРУКУ ТА СУЧАСНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ БАЗИ (с. 6–13)**В. А. Коток, В. Л. Коваленко**

Була запропонована особлива конструкція вимірювальної комірки, яка дозволяє визначати оптичні та електрохімічні характеристики тонкоплівкових електрохромних електродів одночасно. Також запропонована комірка забезпечує постійний контроль температури за допомогою малогабаритного блоку термостатування побудованого на елементах Пельтьє і цифрових платах термостатів W1209 (Китай).

Комірка була виготовлена за допомогою 3D друку пластиком АБС методом наплавлення (FDM) з подальшою стадією герметизації за допомогою розчину поліметилметакрилата розчиненого в дихлоретані.

У процесі дослідження було обґрунтовано застосування зеленого лазера з довжиною хвилі 520 нм. Окремо були вивчена лінійність оптичних показань, залежність показників системи вимірювань оптичних характеристик від температури, а також рівномірність нагріву електроліту в комірці. Крім того, була визначена картина електричного поля, що було показником рівномірності розподілу щільності струму на вимірюваному електроді.

Отримані залежності дозволили стверджувати, що характеристики комірки і вимірювальної системи в цілому є придатними для заявлених цілей в дослідженнях.

Також було показано, що собівартість осередку разом з оптичною вимірювальною системою і системою підтримки постійної температури в більш ніж в два рази дешевше, ніж прості електрохімічні осередки, пропоновані виробниками.

Запропонований алгоритм розробки конструкції осередку, підходу до вибору компонентів, а також наведені технічні подробиці дозволяють виготовляти вимірювальне обладнання під конкретні цілі дослідника. При цьому наведені схематичні, конструкційні та апаратні рішення можуть бути використані окремо один від одного.

Ключові слова: вимірювальна комірка, 3D друк, електрохромізм, оптичні характеристики, електрохімічні характеристики, КОН.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228655

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ МАГНІТОАКТИВНОЇ ЧАСТИНИ ДИПОЛЬНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТІВ СИСТЕМИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗВЕДЕННЯ-РОЗВЕДЕННЯ ПУЧКІВ (с. 14–22)**А. В. Гетьман**

Наведено результати розрахунку магнітних параметрів прямого дипольного магніту системи вертикального зведення-розведення пучків частинок верхнього і нижнього кілець колайдера важких іонів. Отримано оптимізований варіант конструкції ярма і надпровідної обмотки, який забезпечує задане значення однорідного магнітного поля всередині апертури при мінімізованих вкладах середньо-інтегральних по довжині коефіцієнтів гармонік старших ступенів. Наведено результати аналізу поперечних проєкцій магнітної індукції, отриманих за допомогою 2D моделювання двох варіантів конструкції центрального поперечного перерізу дипольного електромагніту. В результаті аналізу встановлено залежність стабільності магнітних властивостей в апертурі електромагніту при зміні струму в обмотці від об'єму областей ярма, які мають значення намагніченості близьке до насичення. Створена 3D модель магнітоактивної частини для двох варіантів конструкції електромагніту і розраховані значення середньо-інтегральних гармонік поперечних проєкцій магнітної індукції в апертурі. Емпірично встановлено взаємозв'язок між третьою середньо-інтегральною гармонікою магнітної індукції і габаритними довжинами ярма і обмотки, що дозволяє коригувати неоднорідність поперечного магнітного поля в апертурі електромагніту. Наведено результати оптимізації конструкції магнітоактивної частини електромагніту за критерієм мінімуму значень середньо-інтегральних коефіцієнтів магнітної індукції, проведеної на основі корекції початкових геометричних параметрів ярма і обмотки. Наведено поліпшення стабільності магнітних параметрів в 3 рази і зменшення в 2 рази вкладки в неоднорідність третьої середньо-інтегральної гармоніки при застосуванні в конструкції електромагніту дворядного укладання витків обмотки всередині ярма.

Ключові слова: дипольний електромагніт, надпровідна обмотка, пучок частинок, коефіцієнт гармоніки магнітного поля.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227135

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПІВПРОВІДНИКІВ (с. 23–31)**Р. Б. Дунець, Б. С. Дзундза, Л. В. Туровська, М. Ф. Павлок, О. П. Поплавський**

Проаналізовано та вибрано оптимальні для реалізації програмно-апаратних засобів методи дослідження термоелектричних параметрів напівпровідників. За основу взято метод Хармана та його модифікації, адаптовані для імпульсних вимірювань, які зручно реалізувати на сучасній елементній базі. Важливою перевагою даних методів є відсутність необхідності проведення точних вимірювань теплових потоків, що значно спрощує та зменшує час проведення експериментальних досліджень.

Визначені необхідні робочі діапазони за напругою 10 мкВ–1 В, за струмом 10 мкА–300 мА та швидкодія елементної бази на рівні опрацювання 40–200 мільйонів вибірок в секунду. Розроблена структурна та електрична схеми і програмне забезпечення спеціалізованої комп'ютерної системи для дослідження термоелектричних параметрів як масивних, так і тонкоплівкових термоелектричних

матеріалів, а також експрес аналізу експлуатаційних характеристик готових модулів. Показано, що запропонована схема добре справляється з поставленою задачею. А застосування FPGA і 32 розрядні мікроконтролери забезпечують достатню швидкість для опрацювання до 200 MSPS і необхідні режими синхронізації для реалізації імпульсного методу Хармана навіть при дослідженні плівок нанометрової товщини.

Проведено експериментальні дослідження як масивних термоелектричних модулів на основі Bi_2Te_3 так і тонкоплівкового термоелектричного матеріалу на основі PbTe . Показано ефективність розроблених засобів і методик, які дали можливість більш ніж у двічі зменшити час на підготовку зразків та проведення експерименту. На основі представлених моделей визначено всі основні термоелектричні та експлуатаційні параметри, зокрема питому електропровідність, коефіцієнт Зеебека, теплопровідність, термоелектричну добротність.

В результаті розроблення спеціалізованих комп'ютерних засобів вдалося зменшити трудомісткість процесу вимірювання основних електричних та експлуатаційних параметрів напівпровідникових термоелектричних матеріалів та модулів перетворення енергії на їх основі, а також автоматизувати процес дефектування термоелектричних модулів. Трудомісткість процесу дослідження зменшилася не тільки завдяки автоматизації процесу вимірювання, а і завдяки оптимізованій методиці, яка дає можливість проводити дослідження на зразку однієї конфігурації, так як найбільш трудомісткими є виготовлення і підготовка зразків.

Ключові слова: комп'ютерні засоби, інформаційно-вимірювальні системи, обробка сигналів, мікроконтролерні системи, схемотехніка, швидкодія, термоелектричні властивості, дефектування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228735

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ІМПЕДАНСУ КОНТАКТУ ЗІ ШКІРОЮ ЄМНІСНОГО АКТИВНОГО ЕЛЕКТРОДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМИ У КОМБУСТІОЛОГІЇ (с. 32–38)

А. В. Савчук

Довготривале вимірювання ЕКГ (електрокардіограми) у пацієнтів з опіками є складною задачею, оскільки накладання поверхневих контактних електродів може призводити до додаткових пошкоджень. Можливість реєстрації ЕКГ у пацієнтів з опіками за допомогою ємнісних електродів не підтверджена, а моделі контакту електроду з тілом пацієнта за використання засобів реабілітації відсутні.

В роботі модифіковано модель контакту ємнісних електродів зі шкірою та описано схемну модель контакту: шкіра – бинти (фізіологічний розчин) – плівка – активний ємнісний електрод. Оцінено вплив параметрів ємнісного електроду на амплітудно-частотні характеристики (АЧХ) контакту електроду зі шкірою і виявлено, що ємність контакту є критичною для отримання якісного сигналу ЕКГ. Розраховано параметри імпедансу бинтів, фізіологічного розчину, діелектричної плівки, та досліджено їх вплив на АЧХ. На основі модифікованої моделі проведено моделювання АЧХ контакту з урахуванням всіх розрахованих параметрів і виявлено, що отримана АЧХ контакту відповідає частотному діапазону сигналу ЕКГ. Аналіз розрахунків підтверджує можливість використання ємнісних електродів при застосуванні різних засобів для реабілітації. Виявлено, що при зміні імпедансу фізіологічного розчину від 0.1 ГОм до 1 ГОм зміни АЧХ контакту не критичні для кінцевої якості отриманого сигналу.

Всі розрахунки проведено шляхом моделювання в середовищі Qucs (ngspice SPICE).

Результати моделювання можуть бути використані в розробці нових видів ємнісних електрокардіографічних електродів. Запропонована модель може використовуватись для дослідження інших ранових покриттів, а також для моделювання фізіологічних процесів при накладанні штучної шкіри та ранових покриттів.

Ключові слова: електрокардіографія, ємнісні електроди, опікова травма, біомедичні електроди, моделювання імпедансу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228806

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБОРУ СВІТЛА ЗА ДОПОМОГОЮ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛУ (с. 39–45)

Mohammad Tariq Yaseen

Наночастинки металу мають велику цінність завдяки своїм оптичним властивостям при взаємодії зі світлом. Наночастинки металу мають здатність обмежувати колективні коливання електронів, які називаються локалізованим поверхневим плазмонним резонансом (ЛППР). У даній роботі для підвищення ефективності збору світла було запропоновано використовувати наночастинки срібла, які можуть бути корисні для різних застосувань. Наночастинки металу, такі як наночастинки золота та срібла, мають здатність концентрувати поле в дуже маленькому просторі. В даному дослідженні за допомогою моделювання в частотній області вивчався оптичний відгук наночастинок золота і срібла. Резонансна довжина хвилі наночастинок золота і срібла становила близько 550 нм і 400 нм відповідно.

Наночастинки срібла показали кращі характеристики ЛППР в порівнянні з наночастинками золота. Тому для посилення оптичного поля були обрані наночастинки срібла. Для посилення оптичного поля наночастинки срібла поміщали на кремнієву підкладку. Для вивчення впливу розміру на оптичний відгук наночастинок срібла були досліджені оптичні властивості цієї структури при різних значеннях діаметра наночастинок срібла. Наночастинки срібла діаметром 40 нм показали кращий оптичний відгук. Для вивчення впливу відстані між наночастинками срібла на оптичний відгук, між наночастинками срібла були встановлені різні значення зазору. Кращий оптичний відгук досягався при величині зазору 4 нм. Отримані результати показали, що локалізоване поле сильно залежить від типу металу, розміру та відстані між наночастинками. Крім того, концентрацію оптичного поля можна контролювати, варіюючи розмір і відстань між наночастинками срібла. Це сприятиме посиленню локалізованого поля. Посилене локалізоване поле дозволить збільшити поглинання поля біля поверхні, що може бути використано в пристроях збору енергії, таких як сонячні елементи і детектори.

Ключові слова: наночастинки срібла, ЛППР, збір світла, оптичний відгук, утримання світла, посилення поля, наночастинки золота, кремнієва підкладка.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228812

РОЗРОБКА ТРИЗОННОЇ МОДЕЛІ ЗГОРЯННЯ ЩОДО ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ТА РОЗШАРУВАННЯМ ПАЛИВОПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ (с. 46–57)

В. А. Корогодський, А. С. Роговий, О. І. Воронков, А. П. Полив'янчук, П. Г. Гакал, О. Ю. Лисиця, І. В. Худяков, Т. В. Макарова, М. М. Гнип, Є. А. Гаєк

Розроблено термодинамічну модель для розрахунку робочого процесу в циліндрі двигуна з іскровим запалюванням та внутрішнім сумішоутворенням при організації розшарованого паливоповітряного заряду на основі методу об'ємного балансу. Модель враховує зміну об'ємів робочого тіла під час переміщення поршня в циліндрі.

Складено рівняння об'ємного балансу процесів внутрішнього сумішоутворення при безпосередньому упорскуванні палива в циліндр двигуна. Рівняння враховує адіабатичну зміну об'єму розшарованого паливоповітряного заряду, який складається з об'єму паливоповітряної суміші й об'єму повітря. З рівняння теплового балансу визначається зміна об'єму паливоповітряної суміші в процесі випаровування бензину в паливному струмені та з поверхні паливної плівки внаслідок підведення з зовні теплоти.

Виведено основні рівняння процесів горіння-розширення розшарованого паливоповітряного заряду з урахуванням трьох зон, які відповідають об'ємам: продуктів згоряння, паливоповітряної суміші та повітря. Рівняння враховує зміну об'єму робочого тіла внаслідок підведення теплоти і теплообміну між зонами й стінками надпоршневого об'єму. Отримано залежності для визначення температури в трьох розглянутих зонах і тиску в циліндрі.

Побудовано графіки зміни об'ємів зони продуктів згоряння, паливоповітряної суміші та повітря при зміні надпоршневого об'єму на режимах часткових навантажень ($n=3000 \text{ хв}^{-1}$). З підвищенням навантаження від $p_e=0,144 \text{ МПа}$ до $p_e=0,322 \text{ МПа}$ на момент займання палива збільшується об'єм паливоповітряної суміші від 70 % до 92 % надпоршневого об'єму. При цьому об'єм повітря зменшується з 30 % до 8 %.

Аналіз теоретичних та експериментальних індикаторних діаграм показав, що розбіжності за рівнем максимального тиску згоряння не перевищують 5 %.

Ключові слова: тризонна модель згоряння, робочий процес двигуна, розшарування паливоповітряного заряду.