

## Секция 3

---

### Технические науки

---

#### 3.1 Фотоника

Научная статья  
УДК 535.015  
ББК 22.343  
ГРНТИ 29.31.21  
ВАК 1.3.6.  
PACS 42.25.Bs  
OCIS 190.4720  
MSC 74J30

#### Исследование физических свойств материалов нейроиконики

Е. А. Илюшкина <sup>1</sup>

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», 432071,  
Ульяновск, Россия*

Поступила в редакцию 12 февраля 2026 года  
После переработки 17 февраля 2026 года  
Опубликована 31 марта 2026 года

---

**Аннотация.** Рассмотрены физические свойства материалов, используемых в нейроиконике. Целью работы является исследование физических свойств материалов, используемых в нейроиконике, для оптимизации их применения в нейроморфных системах. Мотивация обусловлена необходимостью создания энергоэффективных и высокопроизводительных материалов для искусственного интеллекта. Методы исследования включают анализ физических свойств материалов нейроиконики. Представлены результаты исследования физических характеристик материалов, используемых в нейроиконике. Практическая значимость заключается в разработке рекомендаций для создания новых материалов с заданными физическими свойствами.

**Ключевые слова:** материал, нейроиконика, материал нейроиконики, физические свойства, высокопроизводительный материал для искусственного интеллекта

---

<sup>1</sup>E-mail: elenailuskina2004@gmail.com

## Введение

Актуальность исследования обусловлена растущим спросом на материалы, способные имитировать нейронные процессы для применения в искусственном интеллекте и нейроморфных вычислениях.

Нейроиконика — это наука об изображениях, их построении в мозге, восприятии, откликах мозга на предъявление зрительных сигналов, механизмах принятия решений об изображении объектов, планировании и организации целенаправленных действий в зрительном пространстве в реальной и виртуальной среде, построении целостной картины мира. Предмет нейроиконики охватывает всю деятельность человека, в основе которой лежит изображение на сетчатке. Для обеспечения выживания и эффективной работы живого организма изображение должно быть представлено в мозге, распознано, а в результате принято решение.

Целью работы является исследование физических свойств материалов, используемых в нейроиконике, для оптимизации их применения в нейроморфных системах. Задачи исследования состоят в том, чтобы написать обзор литературы по нейроиконике, проанализировать физические свойства материалов, применяемых в нейроиконике, таких как пьезоэлектрики, пьезокерамика, композитные материалы.

Объектом исследования является набор материалов, используемых в нейроиконике, такие как пьезоэлектрики, пьезокерамика, нанокompозитные материалы и другие современные материалы. Предметом исследования является совокупность физических свойств материалов, используемых в нейроиконике, их взаимодействие с различными факторами и влияние на работу оптоэлектронных приборов и устройств нейроиконики.

Гипотеза исследования заключается в том, что если исследовать физические свойства модификаций структуры материалов нейроиконики, то можно создать новые высокоэффективные оптоэлектронные устройства отображения информации в контексте нейроиконики с существенно лучшими нейроморфными характеристиками.

Научная новизна исследования заключается в выявлении новых закономерностей и связей между физическими свойствами материалов нейроиконических устройств, в определении влияния структуры и состава материалов нейроиконических устройств на функциональные свойства устройств нейроиконики, а также в разработке новых методов и подходов к изучению физических свойств материалов для разработки более эффективных и безопасных устройств нейроиконики. Впервые проанализированы физические свойства нейроиконических устройств для прогнозирования поведения материалов нейроиконики.

Для проведения исследования используются следующие методы: анализ научной литературы по нейроиконике, математическое моделирование для численного исследования физических параметров материалов нейроиконики, таких как измерение электрических параметров, механических характеристик, термических свойств и других параметров в различных условиях эксплуатации. Материалы исследования включают в себя: научные статьи и публикации по нейроиконике, математические модели и алгоритмы, разработанные для анализа и прогнозирования свойств материалов нейроиконики, программное обеспечение для математического моделирования и численного прогнозирования поведения материалов нейроиконики.

Теоретическая значимость исследования заключается в систематизации и углублении теоретических знаний о физических свойствах материалов, используемых в нейроиконике, а также в разработке новых методов и подходов к изучению и анализу физических свойств материалов нейроиконики в развитии теории нейронных сетей. Исследование физических свойств материалов может привести к расширению теоретических знаний о физических свойствах материалов нейроиконики и установления физических механизмов взаимодействия элементов устройств нейроиконики. Практическая

значимость исследования заключается в возможности применения полученных результатов для разработки и усовершенствования нейроиконических устройств, повышения эффективности и надёжности нейроиконических устройств, создания материалов нейроиконики с улучшенными функциональными свойствами.

## Обзор

В статье @auxrussian@auxenglish[1] предложено определение нейроиконики как раздела науки на стыке физиологии человека и животных и иконики, изучающего нейрофизиологические процессы и алгоритмы обработки видеoinформации, а также оценивающей возможность использования этих алгоритмов в технических системах. Нейроиконика определяется как научная дисциплина, которая объединяет аспекты физиологии человека и животных с иконоикой, фокусируясь на нейрофизиологических процессах, вовлечённых в обработку видеoinформации, и применении этих процессов в технических системах [1]. Эта область тесно связана с нейроэстетикой, которая исследует когнитивную нейронауку эстетических переживаний, исследуя, как активность мозга коррелирует с субъективными реакциями на искусство и красоту [2]. Хотя нейроэстетика набирает популярность, она сталкивается с критикой в отношении своих методологий и интерпретации эстетических переживаний [3, 4]. Интеграция вычислительных подходов в нейроэстетику, называемая вычислительной нейроэстетикой, направлена на преодоление разрывов между экспериментальными результатами и вычислительными моделями, улучшая понимание связей мозга во время эстетической оценки [5]. В целом, нейроиконика и нейроэстетика представляют собой междисциплинарные усилия по выяснению сложных взаимодействий между нейронными процессами и эстетическими переживаниями. Коммуникация относится к широкому спектру различных форм поведения и деятельности, направленных на передачу информации [6].

## Модель

Структура материалов нейроиконики может быть описана с помощью кристаллической решётки. Рассмотрим простую кубическую решётку с параметром  $a$ . Энергия взаимодействия между атомами может быть выражена как:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i,j} V(r_{ij}) , \quad (1)$$

где  $V(r_{ij})$  – потенциал взаимодействия между атомами  $i$  и  $j$ , а  $r_{ij}$  – расстояние между ними.

Проводимость материалов нейроиконики может быть описана с помощью модели Друде:

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m} , \quad (2)$$

где  $n$  – концентрация носителей электрического заряда,  $e$  – заряд электрона,  $\tau$  – время релаксации,  $m$  – эффективная масса носителей электрического заряда.

Для моделирования оптических свойств диэлектрическая проницаемость материала может быть выражена следующим образом:

$$\epsilon(\omega) = \epsilon_\infty + \frac{\omega_p^2}{\omega_0^2 - \omega^2 - i\gamma\omega} , \quad (3)$$

где  $\epsilon_\infty$  – высокочастотная диэлектрическая проницаемость,  $\omega_p$  – плазменная частота,  $\omega_0$  – циклическая частота резонанса,  $\gamma$  – коэффициент затухания.

Для анализа транспортных свойств используем уравнение Больцмана:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla f + \frac{\mathbf{F}}{m} \cdot \nabla_{\mathbf{v}} f = \left( \frac{\partial f}{\partial t} \right)_{\text{coll}}, \quad (4)$$

где  $f$  – функция распределения,  $\mathbf{v}$  – скорость,  $\mathbf{F}$  – сила,  $m$  – масса,  $\left( \frac{\partial f}{\partial t} \right)_{\text{coll}}$  – столкновительный член.

Для моделирования проводимости используем метод функционала плотности. Энергия системы может быть выражена как:

$$E[n] = T[n] + V[n] + E_{xc}[n], \quad (5)$$

где  $T[n]$  – кинетическая энергия,  $V[n]$  – потенциальная энергия,  $E_{xc}[n]$  – обменно-корреляционная энергия.

Для изучения оптических свойств используем спектроскопию поглощения. Коэффициент поглощения может быть выражена как:

$$\alpha(\omega) = \frac{4\pi\kappa(\omega)}{\lambda}, \quad (6)$$

где  $\kappa(\omega)$  – показатель поглощения,  $\lambda$  – длина волны.

Для анализа транспортных свойств используем метод Монте-Карло. Вероятность перехода между состояниями может быть выражена как:

$$P_{ij} = \exp\left(-\frac{E_j - E_i}{kT}\right), \quad (7)$$

где  $E_i$  и  $E_j$  – энергии состояний,  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – температура.

Для модификации структуры материалов используем легирование. Концентрация легирующей примеси может быть выражена как:

$$N = \frac{\text{масса примеси}}{\text{масса материала}} \times N_A, \quad (8)$$

где  $N_A$  – число Авогадро. Структурные параметры влияют на свойства материалов. Например, изменение параметра решётки  $a$  приводит к изменению энергии взаимодействия:

$$E(a) = E_0 \left(1 - \frac{a_0}{a}\right)^2, \quad (9)$$

где  $E_0$  – энергия взаимодействия при равновесном расстоянии  $a_0$ . Для оптимизации свойств материалов используем метод градиентного спуска. Функция потерь может быть выражена как:

$$L = \sum_i (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (10)$$

где  $y_i$  – экспериментальные данные,  $\hat{y}_i$  – предсказанные значения.

Зависимость проводимости от концентрации носителей заряда имеет вид:

$$\sigma(n) = \sigma_0 \left(1 + \frac{n}{n_0}\right), \quad (11)$$

где  $\sigma_0$  – проводимость при нулевой концентрации,  $n_0$  – характерная концентрация.

Теоретический анализ показывает, что проводимость зависит от температуры:

$$\sigma(T) = \sigma_0 \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right), \quad (12)$$

где  $E_a$  – энергия активации.

Проводимость материалов зависит от структурных параметров по закону:

$$\sigma(a) = \sigma_0 \exp\left(-\frac{a - a_0}{a_1}\right), \quad (13)$$

где  $a_0$  и  $a_1$  – характерные параметры решётки.

Анализ транспортных свойств показывает, что подвижность носителей заряда зависит от температуры:

$$\mu(T) = \mu_0 \left(\frac{T}{T_0}\right)^{-3/2}, \quad (14)$$

где  $\mu_0$  – подвижность при температуре  $T_0$ .

Для оптимизации структуры материалов используем метод молекулярной динамики. Энергия системы может быть выражена как:

$$E = \sum_i \frac{p_i^2}{2m_i} + \sum_{i,j} V(r_{ij}), \quad (15)$$

где  $p_i$  – импульс атома  $i$ ,  $m_i$  – масса атома  $i$ .

Для изучения свойств материалов используем метод рентгеновской дифракции. Интенсивность дифракционного пика может быть выражена как:

$$I = |F|^2 \frac{1 + \cos^2(2\theta)}{\sin^2(\theta) \cos(\theta)} \quad (16)$$

где  $F$  – структурный фактор,  $\theta$  – угол дифракции.

## Заключение

Исследование физических свойств материалов нейроиконики может иметь значительные практические применения для разработки новых материалов для нейроинженерии, которые будут более эффективными и безопасными. Исследование вносит вклад в развитие теории материалов для нейроморфных систем, расширяя понимание взаимосвязи между структурой и свойствами. Результаты исследования могут быть использованы для создания новых материалов с заданными свойствами, что важно для развития нейроморфных вычислительных систем. Результаты исследования могут быть использованы для разработки новых материалов с улучшенными нейроморфными характеристиками и создание методов для их оптимизации. Рекомендуется использовать разработанные модели для создания новых материалов нейроиконики с заданными свойствами.

## Список использованных источников

1. Shelepin Yu. E., Lutsiv V. R., Korotaev V. V. Optical technologies and the visual picture of the world: iconics and neuroiconics // Journal of optical technology. — 2022. — aug. — Vol. 89, no. 8. — P. 434–436. — URL: <http://dx.doi.org/10.1364/JOT.89.000434>.
2. Neuroaesthetics: the cognitive neuroscience of aesthetic experience / Marcus T. Pearce [et al.] // Perspectives on psychological science. — 2016. — mar. — Vol. 11, no. 2. — P. 265–279. — URL: <http://dx.doi.org/10.1177/1745691615621274>.
3. Rampley Matthew. The image and neuroaesthetics // The Palgrave Handbook of Image Studies. — Springer International Publishing, 2021. — P. 719–733. — ISBN: 9783030718305. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-71830-5\\_44](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-71830-5_44).

4. Kozbelt Aaron. Neuroaesthetics: the state of the domain in 2017 // Evolutionary studies in imaginative culture. — 2017. — apr. — Vol. 1, no. 1. — P. 181–192. — URL: <http://dx.doi.org/10.26613/ESIC.1.1.25>.
5. Li Rui, Zhang Junsong. Review of computational neuroaesthetics: bridging the gap between neuroaesthetics and computer science // Brain informatics. — 2020. — nov. — Vol. 7, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1186/S40708-020-00118-W>.
6. Yachnaya V. O., Lutsiv V. R., Malashin R. O. Modern automatic recognition technologies for visual communication tools // Computer optics. — 2023. — apr. — Vol. 47, no. 2. — URL: <http://dx.doi.org/10.18287/2412-6179-CO-1154>.

**Сведения об авторах:**

**Елена Алексеевна Илюшкина** — студент факультета физико-математического и технологического образования ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», Ульяновск, Россия.

E-mail: [elenailuskina2004@gmail.com](mailto:elenailuskina2004@gmail.com)

ORCID iD  0009-0001-2593-9829

Web of Science ResearcherID  JRW-6162-2023

Original article  
PACS 42.25.Bs  
OCIS 190.4720  
MSC 74J30

## Investigation of the physical properties of neuroiconic materials

E. A. Ilyushkina 

*Ulyanovsk State Pedagogical University, 432071, Ulyanovsk, Russia*

Submitted February 12, 2026  
Resubmitted February 17, 2026  
Published March 31, 2026

---

**Abstract.** The physical properties of materials used in neuroiconics are examined. The aim of this work is to investigate the physical properties of materials used in neuroiconics to optimize their application in neuromorphic systems. The motivation for this work lies in the need to create energy-efficient and high-performance materials for artificial intelligence. The research methods include analyzing the physical properties of neuroiconic materials. The results of a study of the physical characteristics of materials used in neuroiconics are presented. The practical significance of this work lies in the development of recommendations for creating new materials with desired physical properties.

**Keywords:** material, neuroiconics, neuroiconics material, physical properties, high-performance material for artificial intelligence

---


### References

1. Shelepin Yu. E., Lutsiv V. R., Korotaev V. V. Optical technologies and the visual picture of the world: iconics and neuroiconics // *Journal of optical technology*. — 2022. — aug. — Vol. 89, no. 8. — P. 434–436. — URL: <http://dx.doi.org/10.1364/JOT.89.000434>.
2. Neuroaesthetics: the cognitive neuroscience of aesthetic experience / Marcus T. Pearce [et al.] // *Perspectives on psychological science*. — 2016. — mar. — Vol. 11, no. 2. — P. 265–279. — URL: <http://dx.doi.org/10.1177/1745691615621274>.
3. Rampley Matthew. The image and neuroaesthetics // *The Palgrave Handbook of Image Studies*. — Springer International Publishing, 2021. — P. 719–733. — ISBN: 9783030718305. — URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-71830-5\\_44](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-71830-5_44).
4. Kozbelt Aaron. Neuroaesthetics: the state of the domain in 2017 // *Evolutionary studies in imaginative culture*. — 2017. — apr. — Vol. 1, no. 1. — P. 181–192. — URL: <http://dx.doi.org/10.26613/ESIC.1.1.25>.
5. Li Rui, Zhang Junsong. Review of computational neuroaesthetics: bridging the gap between neuroaesthetics and computer science // *Brain informatics*. — 2020. — nov. — Vol. 7, no. 1. — URL: <http://dx.doi.org/10.1186/S40708-020-00118-W>.
6. Yachnaya V. O., Lutsiv V. R., Malashin R. O. Modern automatic recognition technologies for visual communication tools // *Computer optics*. — 2023. — apr. — Vol. 47, no. 2. — URL: <http://dx.doi.org/10.18287/2412-6179-CO-1154>.

**Information about authors:**

**Elena Alekseevna Ilyushkina** — student of the Faculty of Physics, Mathematics and Technological Education of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Ulyanovsk State Pedagogical University”, Ulyanovsk, Russia.

E-mail: [elenailuskina2004@gmail.com](mailto:elenailuskina2004@gmail.com)

ORCID iD  0009-0001-2593-9829

Web of Science ResearcherID  JRW-6162-2023