

УДК 374

DOI: 10.34670/AR.2019.44.1.085

Разработка и использование цифровых образовательных ресурсов при изучении протекания электрического тока в полупроводниках

Симукова Светлана Васильевна

Кандидат педагогических наук, доцент,
кафедра экспериментальной и теоретической физики,
Брянский государственный университет им. академика И.Г.Петровского,
241036, Российская Федерация, Брянск, ул. Бежицкая, 14;
e-mail: simukova-svetlana@yandex.ru

Бегунов Михаил Игоревич

Магистр физико-математического факультета,
Брянский государственный университет им. академика И.Г.Петровского,
241036, Российская Федерация, Брянск, ул. Бежицкая, 14;
e-mail: bmegunov@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрена методика разработки анимированных моделей и ви-деороликов, позволяющих объяснить устройство и принцип действия различных полупроводниковых элементов – диода, терморезистора, фоторезистора, термоэлемента и фотоэлемента. Анализ доступных цифровых образовательных ресурсов, например, «Открытая физика», «Электронные уроки и тесты», «1С. Библиотека наглядных пособий», единая коллекция цифровых образовательных ресурсов, электронные приложения к учебникам, позволяет сделать вывод, что имеющихся материалов недостаточно, чтобы помочь школьникам наглядно представить процессы протекания тока в полупроводниковых приборах. В представленных ресурсах, как правило, отражена внешняя сторона явления.

В условиях современной жизни проблема формирования и развития инженерного и технического мышления учащихся стоит очень остро. Поэтому вопрос, затронутый нами, требует значительной проработки. Мы разработали и создали серию цифровых образовательных ресурсов, в которых наглядно и доступно отражены устройство и принцип действия различных полупроводниковых элементов: полупроводникового диода, термо- и фоторезистора, термо- и фотоэлемента.

Показано, что наиболее целесообразным форматом данного ЦОР является компьютерная презентация или анимация, которая при использовании сопровождается рассказом учителя. Однако при самостоятельном изучении темы учащимися, домашнем повторении предложенный формат не очень удачен – отсутствует речь учителя. В связи с этим нами были разработаны несколько озвученных видеороликов, основа которых – анимированная компьютерная презентация.

Для цитирования в научных исследованиях

Симукова С.В. Бегунов М.И. Разработка и использование цифровых образовательных ресурсов при изучении протекания электрического тока в полупроводниках // Педагогический журнал. 2019. Т. 9. № 1А. С. 546-554. DOI: 10.34670/AR.2019.44.1.085

Ключевые слова

Цифровой образовательный ресурс, анимация, полупроводник, полупроводниковый диод, терморезистор, фоторезистор, термоэлемент, фотоэлемент.

Введение

В 10 классе учащиеся изучают протекание электрического тока в различных средах. При этом особое внимание уделяется изучению тока в полупроводниках, поскольку полупроводники составляют основу любых радиоэлектронных устройств. Однако при изучении данных вопросов учащиеся сталкиваются с рядом трудностей, которые не позволяют в достаточной мере овладеть знаниями в этой области. К этим причинам можно отнести, во-первых, сложность самих процессов и явлений, во-вторых, отсутствие или низкое качество наглядных моделей и пособий, демонстрирующих принцип действия различных полупроводниковых элементов, в-третьих, недостаток времени на изучение темы.

Анализ доступных цифровых образовательных ресурсов, например, «Открытая физика», «Электронные уроки и тесты», «1С. Библиотека наглядных пособий», единая коллекция цифровых образовательных ресурсов, электронные приложения к учебникам, позволяет сделать вывод, что имеющихся материалов недостаточно, чтобы помочь школьникам наглядно представить процессы протекания тока в полупроводниковых приборах. В представленных ресурсах, как правило, отражена внешняя сторона явления.

В условиях современной жизни проблема формирования и развития инженерного и технического мышления учащихся стоит очень остро. Поэтому вопрос, затронутый нами, требует значительной проработки.

Мы разработали и создали серию цифровых образовательных ресурсов, в которых наглядно и доступно отражены устройство и принцип действия различных полупроводниковых элементов: полупроводникового диода, термо- и фоторезистора, термо- и фотоэлемента.

Основная часть

Наиболее целесообразным форматом данного ЦОР является компьютерная презентация или анимация, которая при использовании сопровождается рассказом учителя. Однако при самостоятельном изучении темы учащимися, домашнем повторении предложенный формат не очень удачен – отсутствует речь учителя. В связи с этим нами были разработаны несколько озвученных видеороликов, основа которых – анимированная компьютерная презентация.

При разработке мы использовали среду для создания компьютерной презентации Microsoft PowerPoint, программу для записи изображения экрана IceCreamScreenRecorder, программу для монтажа видео Microsoft MovieMaker.

Рассмотрим в качестве примера рассказ об устройстве и принципе действия полупроводникового диода, который мы сопроводим Рисунками из анимированной презентации.

Основным элементом большинства полупроводниковых приборов является электронно-дырочный переход (p–n переход) – область на границе двух полупроводников с электронной и дырочной проводимостью.

Рассмотрим сначала строение полупроводников с примесной проводимостью. У полупроводника n-типа атомы примеси содержат на внешнем слое 5 валентных электронов. 4 из них участвуют в ковалентной связи с соседними атомами кремния, а пятый электрон становится свободным, т.е. способным перемещаться по всему объему проводника под действием сколь угодно малой электрической силы. Таким образом, основные носители заряда в полупроводнике n-типа – электроны (Рис. 1).

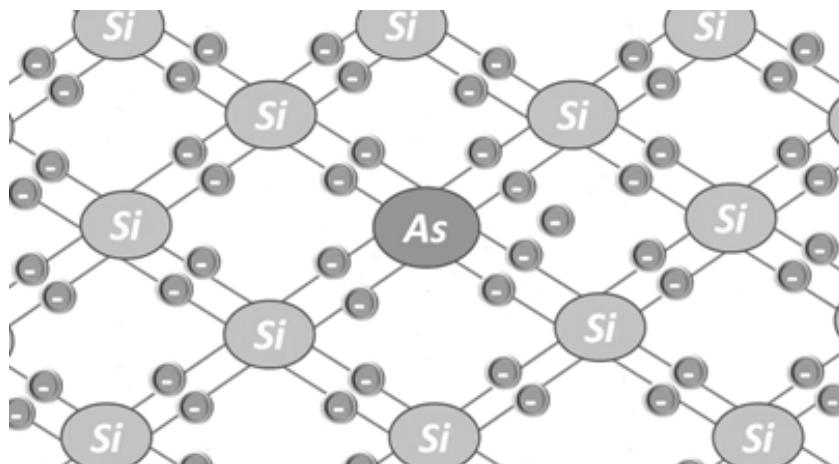


Рисунок 1 – Основные носители заряда в полупроводнике n-типа – электроны

Атомы примеси полупроводников p-типа содержат на внешнем слое 3 валентных электрона, которые вступают в ковалентную связь с электронами кремния. При этом рядом с четвертым электроном кремния окажется свободное (вакантное) место – дырка. Если этот электрон перепрыгнет в дырку, то новая дырка окажется на том месте, где он был раньше. Таким образом, основные носители заряда в полупроводнике p-типа – дырки (Рис. 2).

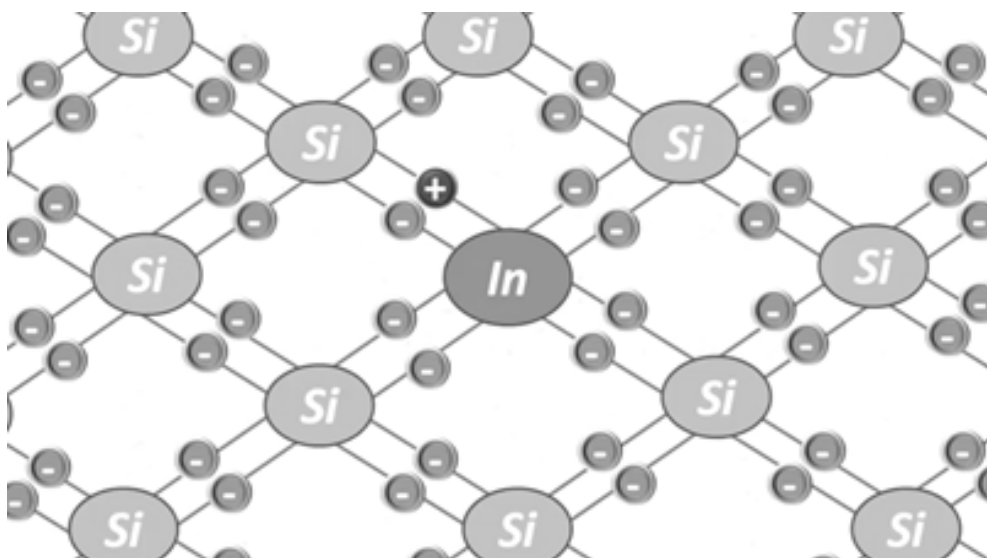


Рисунок 2 – Основные носители заряда в полупроводнике p-типа – дырки

Приведем в контакт области полупроводников с проводимостью р и n типов (рисунок 3).

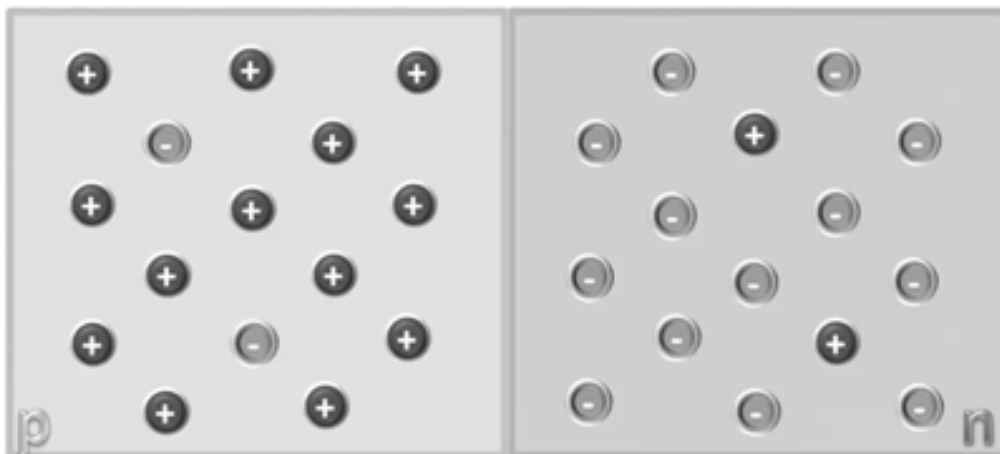


Рисунок 3 – Области полупроводников с проводимостью р и n типов

При отсутствии внешнего электрического поля за счет теплового движения носители заряда будут диффундировать из области с большей концентрацией в область с меньшей концентрацией.

Таким образом, свободные электроны из n-области переходят в p-область. В результате ухода электронов в n-области остаются положительные ионы донорной примеси. Электроны, перейдя в p-область, рекомбинируют с дырками, образуя отрицательные ионы.

Аналогично, дырки из p-области диффундируют в n-область. В результате ухода дырок на границе в p-области остаются отрицательные ионы акцепторной примеси. При рекомбинации дырок с электронами в n-области, образуются положительные ионы.

В результате на границе между областями образуется двойной слой разноименно заряженных ионов. Этот слой называется запирающим. Он обеднен основными носителями заряда и обладает большим сопротивлением по сравнению с сопротивлением p и n областей (рис. 5).

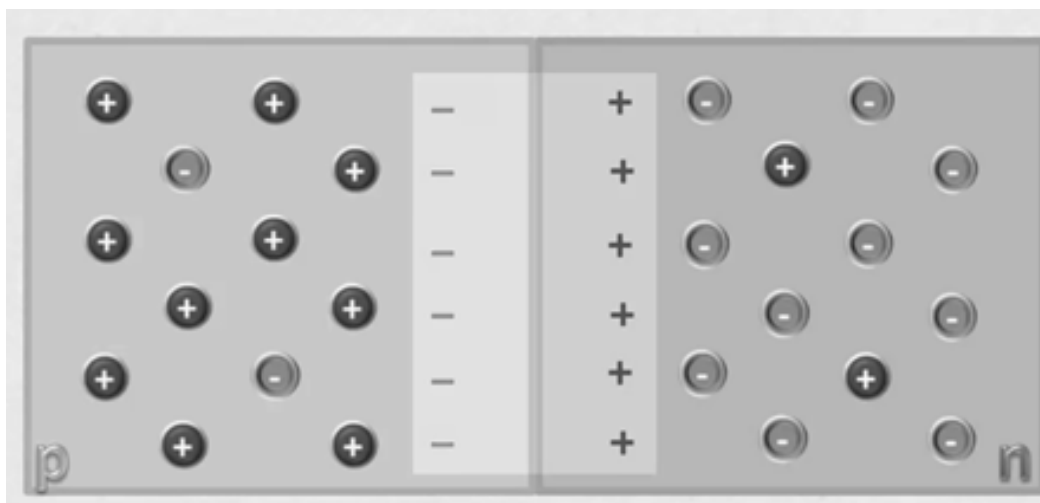


Рисунок 5 – Двойной слой разноименно заряженных ионов

Между образовавшимися объемными зарядами существует электрическое поле с разностью потенциалов 0,3-0,7 В (контактная разность потенциалов).

Сила, действующая на носители заряда, прямо пропорциональна напряженности этого электрического поля, поэтому вектор напряженности сонаправлен с вектором силы, действующей на дырки, и противоположно направлен вектору силы, которая действует на свободные электроны.

Напряженность этого электрического поля препятствует дальнейшей диффузии основных носителей заряда и способствует переходу неосновных носителей в соседнюю область. Электрический ток, созданный движением основных носителей через переход, называется диффузионным. Электрический ток, созданный движением неосновных носителей под действием электрического поля, называется дрейфовым. Эти токи направлены в разные стороны и в отсутствие внешнего электрического поля компенсируют друг друга. Поэтому полный ток через переход равен нулю (рис. 6).

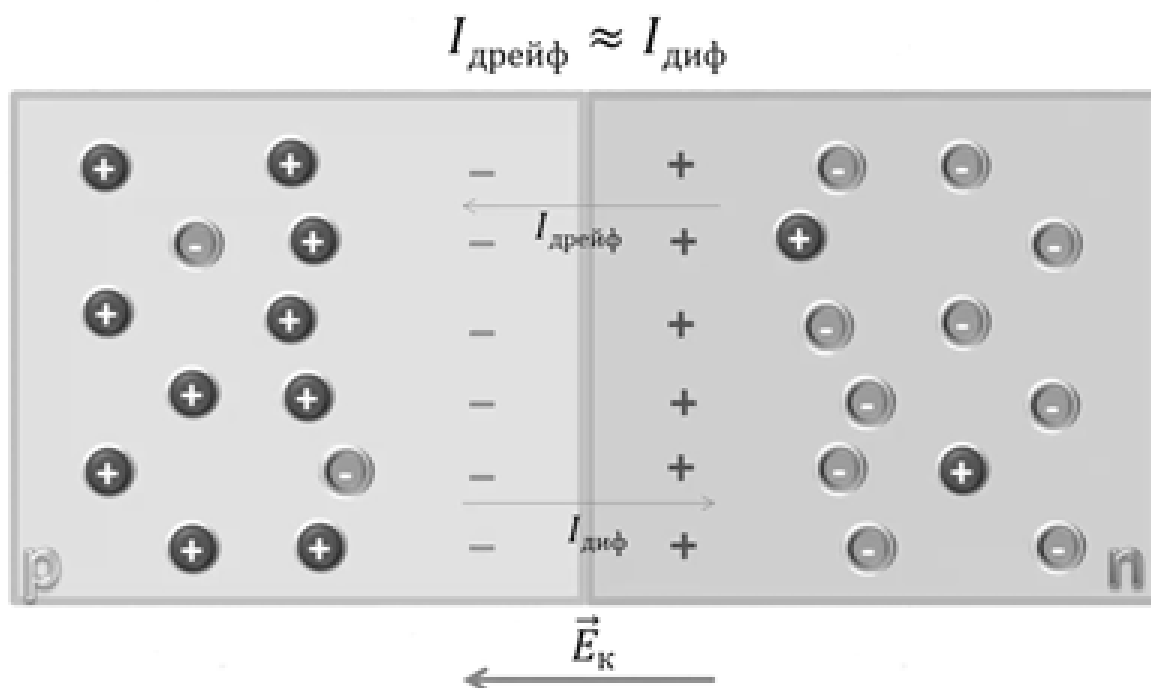


Рисунок 6 – Электрический ток, созданный движением неосновных носителей под действием электрического поля

Полупроводниковый диод представляет собой кристалл с электронно-дырочным переходом, к противоположным областям которого присоединены контакты для включения в цепь. Рассмотрим процессы протекания тока через диод при различной полярности внешнего напряжения.

Сначала подключим положительный полюс источника напряжения к области р-типа, а отрицательный – к области п-типа (прямое подключение) и будем постепенно увеличивать подаваемое напряжение. Напряженность внешнего электрического поля $E_{\text{пр}}$ направлена противоположно напряженности электрического поля запирающего слоя E_k . Сопротивление перехода резко уменьшается и уже при напряжении десятые доли вольта запирающий слой (и, соответственно, потенциальный барьер) практически исчезает (рис. 7).

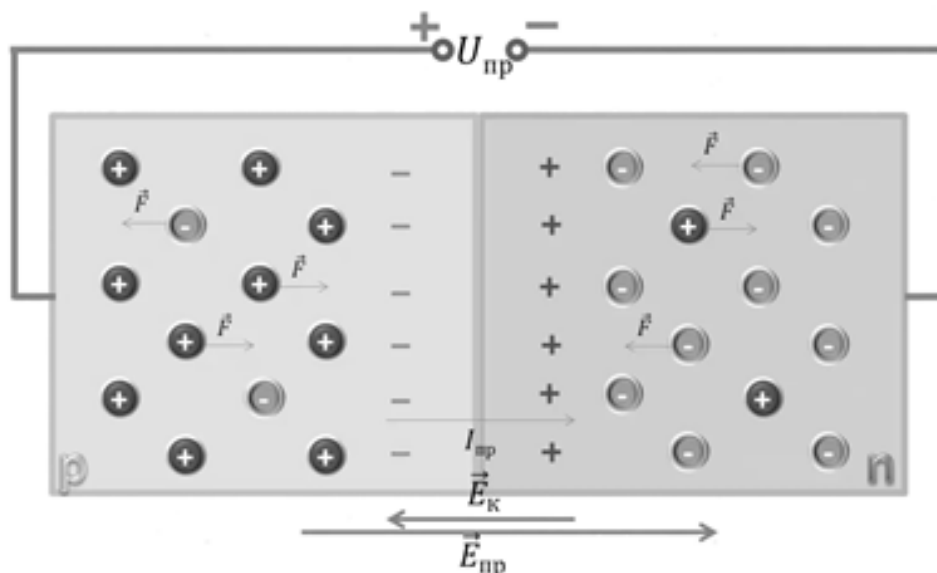


Рисунок 7 – Напряженность внешнего электрического поля $E_{пр}$ направлена противоположно напряженности электрического поля запирающего слоя E_k

Поэтому на начальном участке прямая ветвь вольт-амперной характеристики (зависимости силы тока в элементе от приложенного к нему напряжения) полупроводникового диода имеет значительную нелинейность, а затем становится почти линейной. Небольшая нелинейность здесь объясняется тем, что при увеличении силы тока n и p области нагреваются и их сопротивление уменьшается (за счет генерации основных носителей заряда).

Если к диоду приложить напряжение обратной полярности (обратное подключение), то направление напряженности внешнего поля совпадет с направлением напряженности запирающего электрического слоя. Результирующее поле усиливается. Толщина запирающего слоя, а, следовательно, и сопротивление перехода значительно увеличивается (рис. 8).

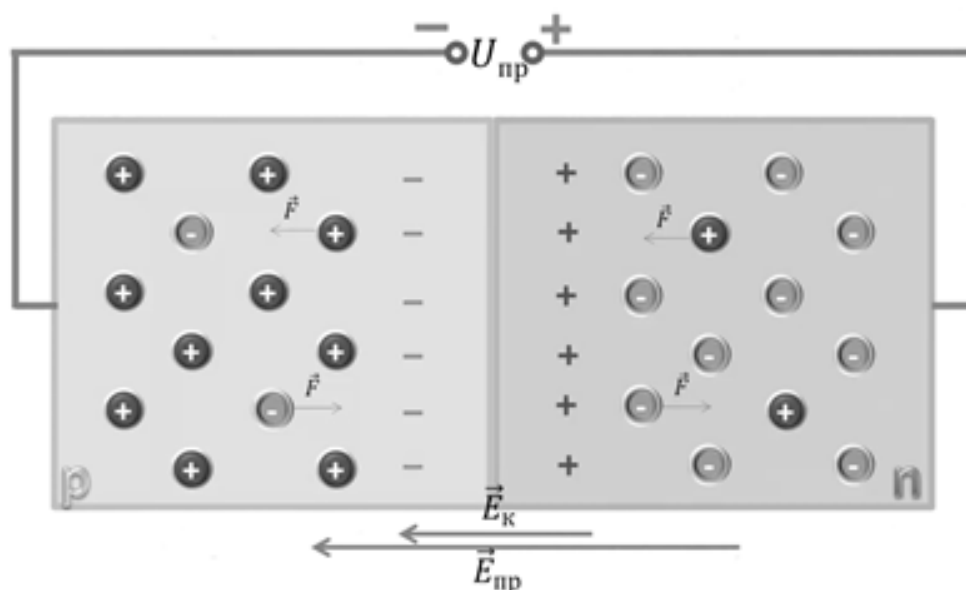


Рисунок 8 – Толщина запирающего слоя, а, следовательно, и сопротивление перехода значительно увеличивается

Это приводит к почти полному прекращению тока основных носителей и почти не увеличивает ток неосновных носителей, поскольку их число ограничено. В результате при увеличении обратного напряжения обратный ток через переход сначала резко увеличивается (за счет уменьшения тока основных носителей, направленного навстречу току неосновных), а затем практически не изменяется.

Аналогичные анимации нами разработаны для изучения устройства и принципа действия терморезистора, фоторезистора, фотоэлемента и термоэлемента. Данный ресурс можно использовать как на уроке в классе, так и при самостоятельном изучении материала дома.

Заключение

Анализ доступных цифровых образовательных ресурсов, например, «Открытая физика», «Электронные уроки и тесты», «1С. Библиотека наглядных пособий», единая коллекция цифровых образовательных ресурсов, электронные приложения к учебникам, позволяет сделать вывод, что имеющихся материалов недостаточно, чтобы помочь школьникам наглядно представить процессы протекания тока в полупроводниковых приборах. В представленных ресурсах, как правило, отражена внешняя сторона явления.

В условиях современной жизни проблема формирования и развития инженерного и технического мышления учащихся стоит очень остро. Поэтому вопрос, затронутый нами, требует значительной проработки. Мы разработали и создали серию цифровых образовательных ресурсов, в которых наглядно и доступно отражены устройство и принцип действия различных полупроводниковых элементов: полупроводникового диода, термо- и фоторезистора, термо- и фотоэлемента.

Показано, что наиболее целесообразным форматом данного ЦОР является компьютерная презентация или анимация, которая при использовании сопровождается рассказом учителя. Однако при самостоятельном изучении темы учащимися, домашнем повторении предложенный формат не очень удачен – отсутствует речь учителя. В связи с этим нами были разработаны несколько озвученных видеороликов, основа которых – анимированная компьютерная презентация.

Библиография

1. Буров В.А. и др. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Ч.1. Под ред. А.А. Покровского. – М.: Просвещение, 1978. – 287 с.
2. Физика. 10 класс: учеб. для общеобразоват. организаций с прил. на электрон. носителе: базовый уровень / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – М.: Просвещение, 2016. – 336 с.: ил.
3. 1С: Школа. Физика, 7-11 кл. Библиотека наглядных пособий: CD-ROM. – М.: Изд-во 1С-Паблишинг, 2005.
4. Открытая физика: CD-ROM. – М.: Изд-во Педагогическое объединение «Радуга», 2006.
5. Физика в школе. Электрический ток. Получение и передача электроэнергии: CD-ROM. – М.: Изд-во Новый диск, 2005.
6. Freina L., Ott M. A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives //The International Scientific Conference eLearning and Software for Education. – " Carol I" National Defence University, 2015. – Т. 1. – С. 133.
7. Suhendi H. Y., Ramdhani M. A., Irwansyah F. S. Verification Concept of Assesment for Physics Education Student Learning Outcome //International Journal of Engineering & Technology (UEA). – 2018. – Т. 7. – №. 3.21. – С. 321-325.
8. Erdem A. A Study on Teachers' Views on the Use of Technology to Improve Physics Education in High Schools //Journal of Education and Training Studies. – 2019. – Т. 7. – №. 4. – С. 142-153.
9. Zhai X., Zhang M., Li M. One-to-one mobile technology in high school physics classrooms: Understanding its use and outcome //British Journal of Educational Technology. – 2018. – Т. 49. – №. 3. – С. 516-532.

10. Potkonjak V. et al. Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review //Computers & Education. – 2016. – T. 95. – C. 309-327.
11. Kotluk N., Kocakaya S. Researching and Evaluating Digital Storytelling as a Distance Education Tool in Physics Instruction: An Application with Pre-Service Physics Teachers //Turkish Online Journal of Distance Education. – 2016. – T. 17. – №. 1. – C. 87-99.

Development and use of digital educational resources in studying the flow of electric current in semiconductors

Svetlana V. Simukova

PhD in Pedagogy,
Assistant professor,
Department of Experimental and Theoretical Physics,
Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky,
241036, 14, Bezhitskaya st., Bryansk, Russian Federation;
e-mail: simukova-svetlana@yandex.ru

Mikhail I. Begunov

Master of Physics and Mathematics,
Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky,
241036, 14, Bezhitskaya st., Bryansk, Russian Federation;
e-mail: bmegunov@yandex.ru

Abstract

The article discusses the methodology for developing animated models and video de-rollers, which allow explaining the structure and principle of operation of various semiconductor elements - a diode, a thermistor, a photoresistor, a thermoelement and a photocell. Analysis of available digital educational resources, for example, “Open Physics”, “Electronic Lessons and Tests”, “1C. The library of visual aids, a single collection of digital educational resources, electronic supplements to textbooks, allows us to conclude that the available materials are not enough to help schoolchildren visually present the current flow processes in semiconductor devices. In the presented resources, as a rule, the external side of the phenomenon is reflected.

In the conditions of modern life, the problem of the formation and development of engineering and technical thinking of students is very acute. Therefore, the question raised by us requires considerable study. We have developed and created digital educational resources in which the device and principle of operation of various semiconductor elements are clearly and accessibly reflected: semiconductor diode, thermal and photoresistor, thermal and photocell.

It is shown that the most appropriate format for this digital information center is a computer presentation or animation, which, when used, is accompanied by a teacher’s story. However, when studying the topic on their own, for home repetition, the proposed format is not very successful - there is no teacher speech. In this regard, we have developed several voiced videos, the basis of which is an animated computer presentation.

For citation

Simukova S.V., Begunov M.I. (2019) Razrabotka i ispol'zovaniye tsifrovyykh obrazovatel'nykh resursov pri izuchenii protokaniya elektricheskogo toka v poluprovodnikakh [Development and use of digital educational resources in studying the flow of electric current in semiconductors]. *Pedagogicheskii zhurnal* [Pedagogical Journal], 9 (1A), pp. 546-554. DOI: 10.34670/AR.2019.44.1.085

Keywords

Out-of-class work at school, physical culture, fitness, health-improving physical training classes, fitness programs, tabata training.

References

1. Burov V.A. and others. Demonstration experiment in physics in high school. Part 1 Ed. A.A. Pokrovsky. - M.: Enlightenment, 1978. - 287 p.
2. Physics. Grade 10: studies. for general education. organizations with on the electron. carrier: base level / G.Ya. Myakishev, B. B. Bukhovtsev, N.N. Sotsky: ed. ON. Parfenteva. - M.: Enlightenment, 2016. - 336 pp., Ill.
3. 1C: School. Physics, 7-11 cl. Library of visual aids: CD-ROM. - M.: Publishing house 1C-Publishing, 2005.
4. Open Physics: CD-ROM. - M.: Publishing house of the Pedagogical Association "Rainbow", 2006.
5. Physics at school. Electricity. Receipt and transmission of electricity: CD-ROM. - M.: Publishing house New disk, 2005.
6. Freina, L., & Ott, M. (2015, April). A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. In The International Scientific Conference eLearning and Software for Education (Vol. 1, p. 133). "Carol I" National Defence University.
7. Suhendi, H. Y., Ramdhani, M. A., & Irwansyah, F. S. (2018). Verification Concept of Assesment for Physics Education Student Learning Outcome. *International Journal of Engineering & Technology (UEA)*, 7(3.21), 321-325.
8. Erdem, A. (2019). A Study on Teachers' Views on the Use of Technology to Improve Physics Education in High Schools. *Journal of Education and Training Studies*, 7(4), 142-153.
9. Zhai, X., Zhang, M., & Li, M. (2018). One-to-one mobile technology in high school physics classrooms: Understanding its use and outcome. *British Journal of Educational Technology*, 49(3), 516-532.
10. Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327.
11. Kotluk, N., & Kocakaya, S. (2016). Researching and Evaluating Digital Storytelling as a Distance Education Tool in Physics Instruction: An Application with Pre-Service Physics Teachers. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 7(1), 87-99.