

УДК 535

ПЕРОВСКИТНЫЕ ШАХМАТЫ: СИСТЕМА БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ «ОДИН-КО-МНОГИМ»

Филимонова Т.А. (Университет ИТМО), Смирнов П.А. (Университет ИТМО)
Научный руководитель – к.т.н., старший научный сотрудник Капитанова П.В.
(Университет ИТМО)

В настоящей работе мы предлагаем устройство – «Перовскитные шахматы», которое объединяет в себе две современные технологии, а именно, технологию беспроводной передачи энергии от одного передатчика ко многим приемникам и технологию инкапсулирования люминесцентных перовскитных квантовых точек в полимерные композиты для увеличения срока их жизни.

Введение. Технология беспроводной передачи энергии (БПЭ) обладает существенными преимуществами по сравнению с традиционными способами зарядки электронных устройств. В связи с этим она находит множество применений в мобильной электронике, медицинских имплантируемых устройствах, интернете вещей, а также зарядке разного рода электрического транспорта. Для повышения удобства использования БПЭ для специальных приложений, с недавнего времени началось активное развитие систем БПЭ «один-ко-многим», обеспечивающих одновременную зарядку нескольких потребителей энергии с помощью одного передатчика. Основной проблемой, с которой сталкиваются разработчики таких систем, является сильная зависимость эффективности передачи энергии от количества приемников и их конкретного расположения на передатчике. Для ее решения мы предлагаем метод оптимизации передающей катушки с целью получения равномерного распределения магнитного поля, отвечающего за перенос энергии.

Перовскитные квантовые точки (ПКТ) – новый материал в области перовскитной нанофотоники, который обрел свою популярность благодаря широким возможностям его применения в качестве фотоактивного слоя в принципиально новых энергосберегающих светоизлучающих устройствах с заданным спектром излучения, а также недорогих люминофоров с заданными оптическими свойствами и высоким уровнем эффективности. Однако время жизни перовскитных квантовых точек и их фотолюминесценция сильно ограничены при нахождении на воздухе. Продлить жизненный цикл ПКТ можно за счет уменьшения влияния внешней среды, путем, например, интеграции ПКТ в композиты с полимерными матрицами, что и было сделано в данной работе.

Для демонстрации этих двух технологий: эффективной системы БПЭ «один-ко-многим» и инкапсуляции ПКТ в полимеры с композитными матрицами для увеличения срока их жизни путем защиты от вредного воздействия окружающей среды, нами было разработано устройство – «Перовскитные шахматы».

Основная часть. В проделанной работе над разработкой и созданием перовскитных шахмат можно выделить три основных этапа:

1. Создание системы БПЭ от одного источника (шахматной доски) ко множеству приемников (фигурок). Для этого была разработана численная модель спиральной передающей катушки, а также алгоритм оптимизации распределения витков катушки для получения равномерного распределением ближнего магнитного поля, обеспечивающего постоянную эффективность передачи энергии вне зависимости от количества и положения на нем приемных катушек. Данный алгоритм был применен для оптимизации распределения витков передатчика размером 45 см x 45 см. Оптимизированный передатчик был помещен в корпус шахматной доски. Он способен обеспечивать стабильное питание для 32 приемников одновременно, эффективность которого не зависит от количества приемников в процессе работы.

2. Проектирование катушек-приемников для системы БПЭ. В ходе работы нами были разработаны и оптимизированы приемные катушки, выпрямительные и согласующие цепи для них. В качестве нагрузки в данном проекте выступает светодиод LED, излучение которого в дальнейшем поглощается и переизлучается ПКТ.

3. Изготовление шахматных фигурок. В первую очередь были проведены работы по синтезу ПКТ составов CsPbBr₃ и CsPbBr_{1.5}Cl. После чего полученные квантовые точки были инкапсулированы в фотополимерную смолу для 3D-печати, чтобы за счет интеграции материалов уменьшить пагубное влияние окружающей среды (влажности, температуры) на чувствительный перовскит. Затем полученным составом методом лазерной стереолитографии были напечатаны игровые фигурки, в которые помещаются сконструированные ранее приемники БПЭ с интегрированным светодиодом. Излучение ультрафиолетового спектра от светодиода попадает на ПКТ и за счет квантовых эффектов переиспускается в фиксированном видимом диапазоне излучения, что позволило создать более равномерно освещенную фигурку с заданными параметрами излучения.

Таким образом, в ходе работы была смоделирована и собрана система БПЭ от одного источника ко множеству приемников, оформленная в виде шахматной доски, где в роли передатчика выступает сама доска (игровое поле), а в роли приемников - шахматные фигурки. Фигурки напечатаны на 3D-принтере из фотополимерной смолы с внедренными ПКТ, переизлучающими свет от ультрафиолетового светодиода, встроенного в приемник. При помещении на игровое поле фигурки начинают светиться, демонстрируя работоспособность рассмотренных в данной работе технологий.

Выводы. В ходе работы был разработан алгоритм расчета и оптимизации передатчиков систем БПЭ «один-ко-многим», который может быть использован для повышения скорости разработки таких систем. Также предложен метод инкапсуляции ПКТ в композиты с полимерными матрицами, который может быть использован как при производстве высокотехнологичных устройств оптоэлектроники, в частности солнечных панелей последнего поколения, светодиодов и дисплеев, создания новых люминофоров с заданными оптическими свойствами, так и в индустрии игр. С использованием предложенных методов, для их демонстрации был изготовлен прототип устройства БПЭ «Перовскитные шахматы».