

УДК 535.15

**АПКОНВЕРСИОННЫЕ ЧАСТИЦЫ НА ОСНОВЕ МИКРОСФЕР КАРБОНАТА
КАЛЬЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НАНОКРИСТАЛЛАМИ CsPbBr₃**

Пельтек А.А. (Университет ИТМО), **Крылова А.** (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н., Зюзин М.В.

(Университет ИТМО)

В работе описана методика получения апконверсионных частиц на основе карбоната кальция и нанокристаллов галогенидного перовскита CsPbBr₃. В рамках исследования были отработаны методики получения апконверсионных частиц с различной морфологией и химическим составом, а также разработана методика получения пленок из синтезированных частиц. Были изучены оптические и апконверсионные свойства полученных материалов, а также изучена их фотостабильность.

Введение. На данный момент идет интенсивный поиск новых подходов и методов для получения гибридных материалов, совмещающих в себе апконверсионные структуры и нанокристаллы перовскитов. Не смотря на значительное количество исследований и опубликованных результатов, пока все еще не было получено материала на основе перовскитов, который бы обладал всеми необходимыми характеристиками. Таким образом новизна проекта заключается в разработке нового метода контролируемого и высокоэффективного синтеза перовскитных микро- и наноструктур с эффективными светоизлучающими характеристиками.

Основная часть. В предлагаемом проекте предполагается использовать в качестве матрицы для получения нанокристаллов перовскита частицы ватерита. Ватерит - это одна из полиморфных модификаций карбоната кальция, которая обычно из себя представляет пористые сферические кристаллы, размер которых варьируется от 0,05 до 5 мкм. В контексте темплатного синтеза ватерит зачастую используется для получения различных полимерных сферических структур по типу ядро-оболочка. Такие частицы интересны тем, что обладают большим количеством наноразмерных пор.

Предполагается, что рост перовскитов преимущественно будет происходить непосредственно в этих порах (ватерит выступает как зародыш кристаллообразования), и итоговых размер полученных нанокристаллов перовскита будет определяться геометрическими параметрами пор. Синтез ватерита различных форм, размеров и морфологий достаточно хорошо изучен, что делает получение частиц ватерита с требуемыми характеристиками легко реализуемой задачей. Так нами в работе было продемонстрировано, что возможно получение частиц ватерита с необходимыми размерами и формой путём соосаждения хлорида кальция и карбоната натрия в различных соотношениях в присутствии органических добавок. Полученные нами частицы имели четко заданные размеры (от 400нм до 5мкм) с относительно узким распределением частиц по размерам, с учетом особенностей данной методики синтеза. Размер, полученных сферы из ватерита были охарактеризованы при помощи СЭМ и ПЭМ. Морфология частиц была оценена при помощи СЭМ. Кристаллическая фаза микросфер ватерита была охарактеризована при помощи XRD.

Для получения нанокристаллов перовскита в порах микросфер ватерита свежеприготовленные сферы, диспергированных в диметилсульфоксиде смешали с раствором прекурсоров перовскита. После тщательного перемешивания частицы CaCO₃ осадили, а затем ресуспензировали в малом объеме остаточного супернатанта. Эту суспензию затем предполагается нанести на стеклянную подложку при помощи спин-коутера. В результате

высыхания растворителя на поверхности микрочастиц ватерита образуются нанокристаллы перовскита, размеры которых предположительно зависят от размер пор ватерита.

Редкоземельные металлы включили в состав частиц карбоната кальция различными методами, включающие в себя как добавление редкоземельных металлов в процессе синтеза частиц карбоната кальция, так и их добавление к раствору прекурсоров перовскита.

Выводы. В результате выполнения проекта была разработана методика синтеза нанокристаллов перовскита CsPbBr_3 в порах частиц ватерита. Было изучено влияние размера частиц ватерита и их пористости на оптические свойства, стабильность и размеры получаемых нанокристаллов перовскита. Дополнительно были изучены способы получения нанокристаллов перовскитов в порах частиц ватерита, состоящих из смешанных галогенидов: $\text{CsPbCl}_{3-x}\text{Br}_x$ и $\text{CsPbBr}_{3-x}\text{I}_x$ ($0 < x < 3$). Также было исследовано влияние резонансов Ми на усиление фотолюминесценции нанокристаллов перовскитов, заключенных в поры частиц ватерита. Помимо прочего, в рамках данной работы были изучены апконверсионные свойства нанокристаллов перовскитов, заключенных в ватерит, а также влияние на них размеров, формы и пористости частиц ватерита. В рамках этой работы также была разработана методика включения ап-конверсионных материалов в матрицу ватерита, а также их влияние на ап-конверсионные свойства таких гибридных частиц в целом.

Дополнительно была разработана методика синтеза пленок из частиц ватерита, модифицированных апконверсионными материалами и содержащих в себе нанокристаллы перовскита. Полученные пленки были апробированы в качестве визуализаторов инфракрасного излучения, были оценены их оптические свойства и их эффективность в качестве таких устройств.

Пельтек А.А. (автор)

Зюзин М.В. (научный руководитель)