

УДК 535.343.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БОРОГЕРМАНАТНОГО СТЕКЛА С НАНОКРИСТАЛЛАМИ ПЕРОВСКИТОВ

CsPbBr_3

Павлюк А.С. (Университет ИТМО), Бабкина А.Н. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к. ф.-м. н. Бабкина А.Н.

Университет ИТМО

Работа посвящена выявлению фазовых переходов нанокристаллов перовскитов CsPbBr_3 в борогерманатном стекле оптическим методом. Получены зависимости интенсивности поглощения первого экситонного максимума от температуры в ходе нагрева и последующего охлаждения образца. На основе полученных данных были определены температуры плавления и кристаллизации нанокристаллов перовскитов.

Введение. В последние годы пристальное внимание исследователей обращено к перовскитам - кристаллам, обладающим структурой, схожей с титанатом кальция. Особые свойства этих кристаллов позволяют варьировать спектр люминесценции в широком диапазоне, что делает их перспективными материалами для создания эффективных источников излучения. Чаше всего для получения источника излучения на основе перовскита создают тонкую пленку из нанокристаллов. Однако такая пленка чувствительна к окружающим условиям и со временем деградирует. При использовании пленок необходимо также учитывать влияние температуры на структуру перовскитов: одна из их особенностей - претерпевание нескольких фазовых переходов, первые из которых происходят при относительно низких температурах (50-60°C). Данный факт не позволяет использовать пленки перовскитов в условиях, где происходят перепады температуры, так как после фазового перехода свойства перовскита необратимо изменяются.

Решением указанных проблем могут стать нанокристаллы перовскитов, полученные в стекле. В отличие от нанокристаллов, полученных в виде пленок, перовскиты в стеклянной матрице не деградируют со временем: они устойчивы к влажности и влиянию атмосферы. Однако с полной уверенностью говорить о превосходстве перовскитов в стеклянной матрице нельзя до тех пор, пока не известно влияние температуры на их фазовые превращения; на настоящий момент мы не смогли обнаружить результаты подобных исследований.

Таким образом, цель нашего исследования - определить наличие фазовых переходов нанокристаллов перовскитов в конкретном образце в диапазоне от комнатной температуры до температуры размягчения стекла.

Основная часть. Объектом исследования служило стекло, полученное при синтезе состава $\text{ZnO-Na}_2\text{O-B}_2\text{O}_3\text{-GeO}_2$ с добавлением Cs_2O , PbO , Br и прошедшее термообработку при температуре 550°C в течение 3 часов. Для определения температур фазовых переходов был использован неразрушающий метод, основанный на регистрации спектров оптической плотности.

Лабораторная установка состояла из печи с установленной внутри термопарой и волоконного спектрометра Avantes, обеспечивающего получение спектров оптической плотности в диапазоне от 300 до 1100 нм. Источник и приемник излучения находились снаружи печи; для обеспечения прохождения излучения печь имела два кварцевых окна в противоположных торцах. Температура внутри печи контролировалась при помощи изменения подаваемой силы тока; диапазон измерений составил от 23°C до 533°C.

Образец, помещенный в печь и приведенный в контакт с термопарой, нагревался со скоростью 2,5°C в минуту; каждые 2-3 градуса измерялся спектр оптической плотности. Далее отключалось питание печи, и образец самопроизвольно охлаждался, что также сопровождалось регистрацией спектров поглощения.

Полученная серия спектров оптической плотности позволила построить зависимость интенсивности поглощения от температуры на длине волны 516 нм, соответствующей первому экситонному максимуму образца. При нагреве зависимость поглощения от температуры имеет нелинейный вид с отсутствием резких скачков. При 512°C значение оптической плотности достигает своего минимума и становится постоянным, что является признаком точки плавления нанокристаллов. Кривая охлаждения характеризуется практически линейной зависимостью с резким скачком на 315°C, соответствующего температуре кристаллизации. Сопоставление спектров оптической плотности до начала нагрева и после окончания охлаждения позволяет сделать вывод о том, что образец вернулся в исходное состояние.

Выводы. Результаты работы свидетельствуют об отсутствии необратимых фазовых переходов в образце, что говорит о стойкости борогерманатного стекла с нанокристаллами перовскитов CsPbBr₃ к температурным перепадам в широком диапазоне. Совокупность этого фактора с устойчивостью стекла к другим факторам внешней среды позволяет говорить о перспективности представленного материала в создании даунконвертеров для солнечных батарей и источников излучения, которые обладали бы стабильностью характеристик в экстремальных условиях.

Исследование выполнено при поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых № МК-4235.2021.1.3.

Павлюк А.С. (автор)

Подпись

Бабкина А.Н. (научный руководитель)

Подпись