

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Орловой Анны Олеговны на диссертацию Али Ибрагим Мохаммед Шарафелдина на тему: «Влияние гетеровалентного допирования на структуру и фотостимулированные процессы в галогенидном перовските CsPbBr_3 », представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Работа Али Ибрагим Мохаммед Шарафелдина посвящена исследованию влияния примесных ионов серебра и висмута, способных замещать ионы свинца в кристаллической решетке перовскита CsPbBr_3 , на оптические свойства кристаллов перовскита. Перовскиты CsPbBr_3 сегодня рассматриваются как очень перспективные материалы в спинтронике, фотовольтаике и сенсорике. В связи с этим особенно актуальна разработка подходов к управляемому изменению оптических и электрических свойств перовскитов за счет введения примесных ионов и фотоиндуцированного изменения числа и качества дефектных состояний, а также исследования зависимости фотостабильности перовскитов от типа примесного иона, способного замещать ион свинца в кристалле перовскита CsPbBr_3 .

Структура работы соответствует структуре кандидатских диссертаций. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. В первой главе приведен литературный обзор, в котором достаточно полно проанализированы данные о структурных изменениях перовскитов CsPbBr_3 в результате допирования их примесными ионами, об их оптических свойствах и о фотоиндуцированном изменении числа дефектных состояний в образцах перовскитов. Вторая глава посвящена описанию методов создания образцов перовскитов, их характеризации и исследованию их оптических свойств, включая описание экспериментов по фотостимулированному изменению числа и природы дефектных состояний в недопированных и допированных перовскитах CsPbBr_3 . Третья, четвертая и пятая главы содержат оригинальные результаты, описывающие: 1) особенности кристаллической структуры образцов перовскитов CsPbBr_3 в зависимости от вида и % содержания примесных ионов; 2) влияние типа и относительной концентрации ионов серебра и висмута на спектры диффузного отражения образцов и на эффективность фотоиндуцированного формирования новых дефектных состояний в образцах перовскитов CsPbBr_3 , уровни энергии которых расположены в запрещенной зоне перовскита, и увеличение концентрации которых приводит к смещению края электронного поглощения перовскита в область меньших энергий; 3) влияние типа и концентрации примесных ионов и экспозиции светом с длиной волны 436 нм на интенсивность и положение максимума полосы экситонной люминесценции перовскитов CsPbBr_3 .

Работа содержит новые экспериментальные результаты, на основании анализа которых автором высказано достаточно убедительное предположение о природе и условиях формирования дефектных состояний в кристаллах перовскитов CsPbBr_3 , допированных ионами серебра и висмута. Полученные данные, несомненно, открывают возможность к управляемой настройке оптических и электрических свойств перовскитов CsPbBr_3 в результате комбинированного воздействия на их кристаллическую структуру за счет введения примесных ионов определенного размера и заряда и фотоиндуцированного изменения числа и природы дефектных состояний.

Несмотря на очевидные сильные стороны работа не лишена недостатков и вызывает следующие вопросы и замечания:

1. В главе 3 при обсуждении изменения размеров кристаллов и деформации кристаллической решетки перовскитов в результате их допирования ионами серебра и висмута рассматриваются зависимости данных параметров от процентного содержания примесных ионов. При этом в случае допирования перовскита ионами серебра наблюдается очень хорошая корреляция между увеличением размера кристалла и уменьшением числа дефектов (рис. 3.4). В случае же ионов висмута зависимость количества дефектов от % примесных ионов носит сложный характер (рис.3.10). С чем связано наличие локальных максимумов и минимумов на данной кривой и какова погрешность для экспериментальных точек, представленных на рисунках 3.4 и 3.10? Также на данных рисунках отсутствует информация в каких именно единицах приведены данные о размере кристалла и напряжениях в нем.
2. Изменение спектра поглощения образцов недопированных перовскитов в зависимости от экспозиции образцов светом с длиной волны 436 нм анализировалось на 560 нм и 650 нм (рис.4.8). Чем обусловлен выбор именно этих длин волн? Из рисунка видно, что в области 550-570 нм наблюдается полоса поглощения, амплитуда которой зависит от экспозиции. Можно ли что-то сказать о природе данного перехода?
3. В главе 5 при обсуждении корреляции степени тушения люминесценции образцов перовскитов и концентрации дефектных состояний, возникающих в результате допирования перовскита ионами висмута, приводится рисунок 5.9, на котором не приведены экспериментальные данные. На основании чего приведена линейная зависимость, как данная зависимость связана с данными, представленными на следующем рисунке (ри.5.10)? Какова погрешность данных, представленных на рис. 5.10?
4. На рисунке 5.13 приводятся спектры люминесценции перовскита, допированного ионами висмута, зарегистрированные при разной экспозиции образцов светом с длиной волны 436 нм. Видно, что облучение образцов приводит к сдвигу максимума полосы люминесценции в область больших энергий. Чем может быть обусловлен данный сдвиг?
5. В работе на основании полученных экспериментальных данных вполне убедительно показано, что допирование перовскита ионами серебра приводит к эффективному фотостимулированному формированию новых дефектных состояний. В работе не приведены данные о квантовом выходе или кинетике люминесценции образцов перовскитов, допированных ионами серебра, после длительной экспозиции образцов светом с длиной волны 436 нм, например, через сутки хранения образцов в темноте после проведения экспериментов по фотостимулированному формированию дефектов. Проводились ли такие эксперименты и отличалась ли кинетика люминесценции образцов перовскитов, допированных ионами серебра, до и после длительной экспозиции светом с длиной волны 436 нм?

Диссертация Али Ибрагим Мохаммед Шарафелдин на тему: «Влияние гетеровалентного допирования на структуру и фотостимулированные процессы в галогенидном перовските CsPbVBr₃» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском

