**Петров, Андрей Андреевич.**

## Кристаллизация гибридных перовскитов APbX3 (A = CH3NH3+, HC(NH2)2+; X = I–, Br–) из апротонных растворителей : диссертация ... кандидата химических наук : 02.00.21 / Петров Андрей Андреевич; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»]. - Москва, 2021. - 203 с. : ил.

## Оглавление диссертациикандидат наук Петров Андрей Андреевич

2 Литературный обзор

2.1 Гибридные органо-неорганические перовскиты

2.1.1 Структура перовскита

2.1.2 Структурное разнообразие гибридных галогенидных перовскитов

2.1.3 Полиморфные модификации гибридных перовскитов АРЬХз (A = MA+, FA+; X = I-, Бг)

2.1.4 Размерность структур, производных от типа перовскита

2.2 Оптоэлектронные свойства гибридных перовскитов APbX3 (A = MA+, FA+; X = I-, Br-)

2.2.1 Электронная структура

2.2.2 Подвижность носителей заряда

2.2.3 Оптическое поглощение

2.2.4 Ширина запрещённой зоны

2.3 Основные области применения гибридных перовскитов

2.3.1 Перовскитные солнечные элементы

2.3.2 Светоизлучающие устройства

2.3.3 Фотодетекторы и детекторы ионизирующего излучения

2.4 Методы получения гибридных перовскитов

2.4.1 Газофазные методы

2.4.2 Растворные методы

2.4.3 Альтернативные методы получения гибридного перовскита

2.5 Особенности кристаллизации гибридных перовскитов из апротонных растворителей

2.5.1 Растворители, применяющихся в синтезе гибридных перовскитов

2.5.2 Равновесия в растворах гибридных перовскитов в DMSO, DMF и GBL

2.5.3 Стадии формирования гибридных перовскитов при кристаллизации из DMSO, DMF и GBL

2.5.4 Влияние растворителей на морфологию и функциональные свойства плёнок перовскита

2.6 Структура и свойства кристаллосольватов

2.6.1 Кристаллосольваты с диметилсульфоксидом

2.6.2 Кристаллосольваты с диметилформамидом

2.6.3 Взаимодействие перовскита с другими основаниями Льюиса

2.7 Заключение

3 Экспериментальная часть

3.1 Исходные реактивы

3.2 Методы исследования

3.2.1 Рентгенофазовый анализ

3.2.2 Рентгеноструктурный анализ

3.2.3 Растровая электронная микроскопия

3.2.4 Оптическая микроскопия

3.2.5 Фотолюминесцентная спектроскопия

3.2.6 Спектроскопия комбинационного рассеяния

3.3 Измерение растворимости

3.4 Построение изотермических сечений фазовых диаграмм

3.5 Получение нитевидных кристаллов перовскита MAPbI3

3.5.1 Конверсия кристаллов Pbb в нитевидные кристаллы перовскита MAPbb

3.5.2 Конверсия плёнок PbX2 (X = Cl-, Br-, I) в нитевидные кристаллы перовскита

3.6 Получение плёнок перовскита MAPbb из оксолан-2-она и диметилформамида

3.7 Кристаллизация перовскитов смешанного катионного и анионного составов в тонком слое

4 Результаты и их обсуждение

4.1 Растворимость гибридных перовскитов MAPbl3, FAPbb, MAPbBr3 и FAPbBr3 в диметилсульфоксиде, диметилформамиде и оксолан-2-оне

4.2 Фазовые равновесия в системах MAI-Pbb-DMF и MAI-Pbb-DMSO

4.2.1 Растворимость Pbb и MAI в DMF и DMSO

4.2.2 Изотермические сечения фазовых диаграмм трёхкомпонентных систем MAI - Pbl2 - DMF и MAI - Pbl2 - DMSO

4.2.3 Термическая стабильность кристаллосольватов (MA^PbbDMF, MAPbbDMF и (MA)2Pb3b-2DMF

4.3 Структура кристаллосольватов в системах MAI - Pbl2 - DMF и MAI - Pbl2 - DMSO

4.4 Структура кристаллосольватов в системах FAX - PbX2 - S (S = DMSO, DMF; X = I-, Br-)

4.4.1 Продукты кристаллизации из систем FAI - Pbb - DMF и FABr - PbBr2 - DMF

4.4.2 Продукты кристаллизации из систем FAI - Pbb - DMSO и FABr - PbBr2 - DMSO

4.5 Кристаллизация гибридных перовскитов из оксолан-2-она

4.6 Структура кристаллосольватов в системах MAI - Pbb - GBL и FAI - Pbb - GBL

4.7 Феноменологическая классификация структур кристаллосольватов в системах MAX - PbX2 - S и FAX - PbX2 - S (X = I-, Br-; S = DMSO, DMF, GBL)

4.8 Контроль процессов кристаллизации в системах MAI - Pbb - DMF и MAI - Pbb - GBL

4.8.1 Получение нитевидных кристаллов гибридных перовскитов

4.8.1.1. Условия формирования нитевидных кристаллов МАРЫз

4.8.1.2. Получение нитевидных кристаллов MAPbI3 из поликристаллических плёнок PbI2

4.8.1.3. Получение однофазных нитевидных кристаллов MAPbI3

4.8.1.4. Получение нитевидных кристаллов FAPbI3 из поликристаллических плёнок PbI2

4.8.1.5. Нитевидные кристаллы перовскита с различным анионным составом

4.8.2 Влияние равновесий в растворе на тип и состав кристаллизующихся фаз

4.8.3 Получение сплошных плёнок MAPbL из оксолан-2-она

4.8.4 Получение сплошных плёнок MAPbL из диметилформамида

4.9 Кристаллизация гибридных перовскитов смешанного состава

4.9.1 Кристаллизация перовскитов MAPbL, FAPbL, MAPbBr3 и FAPbBr3 из DMF и DMSO в тонком слое

4.9.2 Кристаллизация перовскитов смешанного состава в тонком слое

5 Выводы

6 Благодарности

7 Список литературы

Приложение 1. Мольные отношения Pbb/MAI/DMSO и Pbl2/MAI/DMF в насыщенных растворах с различным соотношением Pbb/MAI

Приложение 2. Дифрактограммы образцов, полученные при кристаллизации в тонком слое растворов гибридных перовскитов различного состава