**Удалова, Наталья Николаевна.**

## Химическая и фотохимическая деградация гибридных галогеноплюмбатных перовскитов : диссертация ... кандидата химических наук : 02.00.21 / Удалова Наталья Николаевна; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»]. - Москва, 2021. - 217 с. : ил.

## Оглавление диссертациикандидат наук Удалова Наталья Николаевна

Список сокращений и условных обозначений

Введение

1. Литературный обзор

1.1 Гибридные галогенидные перовскиты в солнечных элементах

1.1.1 Перовскитные солнечные элементы как представитель класса однопереходных СЭ

1.1.2 Особенности структуры гибридных галогенидных перовскитов

1.1.3 Особенности структуры слоистых перовскитоподобных соединений

1.1.4 Зонная структура и оптоэлектронные свойства галогенидных перовскитов АРЬХ3

1.1.5 Зонная структура и оптоэлектронные свойства слоистых галогеноплюмбатов

1.1.6 Дефектная структура и ионная проводимость в галогенидных перовскитах

1.1.7 Синтез галогенидных перовскитов

1.2 Перовскитные солнечные элементы

1.2.1 Общие принципы работы солнечных батарей и их классификация

1.2.2 Устройство ПСЭ и используемые материалы

1.2.3 Характеризация солнечных элементов

1.2.4 Условия эксплуатации ПСЭ

1.2.5 Критерии оценки стабильности ПСЭ

1.2.6 Влияние режима включения в цепь на стабильность ПСЭ

1.2.7 Влияние сборки модулей на стабильность ПСЭ

1.2.8 Взаимодействие материалов ПСЭ друг с другом

1.3 Стабильность и механизмы деградации гибридных перовскитов

1.3.1 Основные методы исследования стабильности гибридных перовскитов

1.3.2 Устойчивость перовскитов в присутствии паров воды

1.3.3 Термическая стабильность перовскитов

1.3.4 Стабильность галогеноплюмбатов в окислительной атмосфере

1.3.5 Фотохимическая стабильность перовскитов

1.4 Достижение долговременной стабильности ПСЭ

1.4.1 Оптимизация состава перовскитов АРЬХз

1.4.2 Модификация поверхности и межзеренных границ

1.4.3 Повышение стабильности ПСЭ при помощи перехода к слоистым йодоплюмбатам

1.4.4 Современное состояние проблемы стабильности ПСЭ

1.5 Заключение из литературного обзора

2. Экспериментальная часть

2.1 Синтез материалов

2.1.1 Гибридные перовскиты АРЬХ3

2.1.2 Слоистые перовскиты А2Ап-1РЬпХ3п+1

2.1.3 Химическая модификация пленок перовскита ЛРЫз

2.1.4 Реакционные полииодидные расплавы метиламмония

2.1.5 Йодоаурат метиламмония МЛ2Ли21б

2.1.6 Йодокупрат метиламмония МЛСи213

2.2 Сборка перовскитных солнечных элементов

2.2.1 Травление БТО

2.2.2 Нанесение электрон-проводящего слоя 8иО2

2.2.3 Нанесение перовскита

2.2.4 Нанесение дырочно-проводящего слоя Брпо-ОМеТЛБ

2.2.5 Напыление золотого электрода

2.2.6 Герметизация солнечных элементов

2.3 Методы исследования материалов

2.3.1 Рентгенофазовый анализ

2.3.2 Растровая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ

2.3.3 Спектроскопия поглощения

2.3.4 Люминесцентная спектроскопия (стационарная и время-разрешенная)

2.3.5 Спектроскопия комбинационного рассеяния

2.3.6 ИК-спектроскопия

2.3.7 Термогравиметрический анализ

2.3.8 Измерение КПД солнечных элементов

2.4 Методики исследования стабильности

2.4.1 Исследование химической коррозии металлических электродов

2.4.2 Методика анализа деградации перовскитов методом спектроскопии КР

2.4.3 Тестирование стабильности гибридных йодоплюмбатов к растворителям

2.4.4 Методика исследования фотодеградации пленок йодоплюмбатов различного состава в среде неполярного растворителя

2.4.5 Протокол исследования фото- и термостабильности пленок перовскита при помощи спектроскопии ФЛ

2.4.6 Методика исследования стабильности ПСЭ

3. Результаты и их обсуждение

3.1 Исследование стабильности материалов ПСЭ к продуктам распада перовскита

3.1.1 Механизм коррозии золотого электрода

3.1.2 Механизм коррозии медного электрода

3.1.3 Тестирование устойчивости электрон- и дырочно -проводящих материалов к полииодидному расплаву

3.2 Определение продуктов деградации йодоплюмбатов методом спектроскопии КР

3.2.1 Влияние длины волны лазера на деградацию перовскитов различного состава

3.2.2 Определение продуктов деградации перовскитов различного состава в инертной атмосфере

3.2.3 Влияние внешней атмосферы на продукты фотолиза перовскита

3.2.4 Анализ фотохимической стабильности РЬ12. Обобщение протекающих химических процессов

3.2.5 Изменения морфологии перовскита в области воздействия лазера

3.3 Исследование особенностей фотохимической деградации перовскитов ЛРЬХэ и разработка протокола тестирования их стабильности

3.3.1 Устойчивость перовскитов в неполярных растворителях

3.3.2 Стабильность перовскитов различного состава к повышенной температуре в среде неполярного растворителя

3.3.3 Динамика выделения молекулярного йода при облучении гибридных перовскитов

3.3.4 Изменение морфологии и фазового состава пленок МЛРЫз и FACsPbI3 под действием света в среде неполярного растворителя

3.3.5 Исследование особенностей фотохимической и термической деградации гибридных йодоплюмбатов в газовой атмосфере методом спектроскопии ФЛ

3.3.6 Восстановление оптических свойств после фотохимической деградации

3.4 Модель фотохимической деградации гибридных йодоплюмбатов

3.4.1 Механизм термической деградации гибридных перовскитов

3.4.2 Механизм фотохимической деградации гибридных перовскитов

3.5 Поиск подходов к повышению фотостабильности перовскитных светопоглощающих материалов и ПСЭ на их основе

3.5.1 Использование слоистых галогеноплюмбатов

3.5.2 Фотохимическая стабильность слоистых соединений BA2MAn\_iPbnI3n+i

3.5.3 Использование химической модификации перовскитов APbI3 для повышения их стабильности

4. Заключение

5. Выводы

6. Список используемой литературы

7. Приложения к диссертации

7.1 Приложение А

7.2 Приложение Б

7.3 Приложение В

7.4 Приложение Г

7.5 Приложение Д

7.6 Приложение Е

7.7 Приложение Ж

7.8 Приложение И

7.9 Приложение К

7.10 Приложение Л

8. Благодарности