



**Конкурс для школьников «Гениальные мысли»  
Автореферат проекта призера III степени среди 10 классов**

**Название работы – Неорганический лес – многофункциональные плёнки для солнечных элементов и фотокатализа.**

**Автор – Сергеева Ольга Станиславовна (10 класс, МБОУ "Лицей № 2", г. Чебоксары).**

**Руководитель – Степанов Леонид Анатольевич, педагог дополнительного образования, наноквантум, детский технопарк “Кванториум” г.Чебоксары.**

**Основная идея работы, цели, задачи**

*Цель проекта:* получение наноплёнок на основе оксида цинка для их дальнейшего применения в солнечных элементах нового поколения и модульных очистных сооружений.

*Задачи:*

1. Поиск информации по теме
2. Анализ и выбор методик
3. Подбор материалов
4. Синтез
5. Изучение полученного продукта.
6. Использование полученного материала в проектах.

**Актуальность и новизна работы**

В настоящее время при производстве солнечных элементов существует ряд трудностей, связанных с их утилизацией, загрязнением окружающей среды, а также КПД, который достиг своего максимума. Наиболее часто используемые на сегодняшний день кремниевые солнечные батареи (СЭ), солнечные элементы 1 поколения, постепенно истощают себя, темп их развития сильно замедлен, они имеют экологические проблемы на стадии производства и утилизации, а также являются сложными и дорогим в изготовлении. Солнечные же элементы на основе органической химии имеют ограниченное КПД и низкий уровень развития технологии, так что неудивительно, люди начали развивать солнечные элементы нового – третьего поколения.

В данных элементах наноплёнки оксида цинка выступают в качестве n-полупроводника. Тонкие пленки оксида цинка широко используются в качестве прозрачных проводящих электродов в солнечных модулях, поскольку имеют высокую проводимость и высокую прозрачность и технологически хорошо совместимы с условиями формирования слоев активных полупроводников. Он обладает высокой химической устойчивостью, стойкостью к облучению, нетоксичен и «податлив» к химическому травлению.

А также в настоящее время для очистки воды используются многоступенчатые фильтры, которые требуют регулярной замены, что в свою очередь значительно влияет на производительность предприятий.

Органические соединения природного и искусственного происхождения, например, углеводороды, полихлорированные дифенилы, удобрения и пестициды, постоянно попадают в окружающую среду в виде отходов промышленности и сельского хозяйства. Промышленные очистные сооружения позволяют удалить большую часть загрязняющих веществ с помощью различных технологий очистки – осаждения, фильтрации,

биотехнологических методов и др., считающихся относительно эффективными и безопасными при очистке сточных вод. Однако данные технологии малоэффективны в отношении биологически токсичных и неразлагаемых органических соединений, процессы нейтрализации которых требуют применения усовершенствованных методов, таких как использование активированного угля, и окислительных процессов, имеющих высокую себестоимость и часто экономически нецелесообразных

Дополнительным преимуществом является то, что в «идеальных» условиях фотокаталитический материал не нуждается в замене, что обеспечивает непрерывность работы устройств на его основе. Таким образом, разработка и исследование эффективных фотокатализаторов на основе наноструктурированных полупроводниковых материалов является перспективным научным направлением.

## Основные результаты

### Методы синтеза высокодисперсных форм оксида цинка.

#### 1. Химический метод.

Он представляет собой дешевый и низкотемпературный метод, с помощью которого можно получить большое количество наноструктур ZnO. Наноплёнки наносились на углеволокно и в чашках Петри методом накапывания. Сначала на углеволокно наносили затравки наночастиц (раствор ацетата цинка + гидроксид натрия), после 3-го раза накапывали раствор для роста наночастиц ( $Zn(CH_3COO)_2 \cdot (H_2O)_2$  0.4 М +  $(NH_2)_2CO$  0.25 М). После каждого накапывания нагревали углеволокно при температуре 200 градусов.

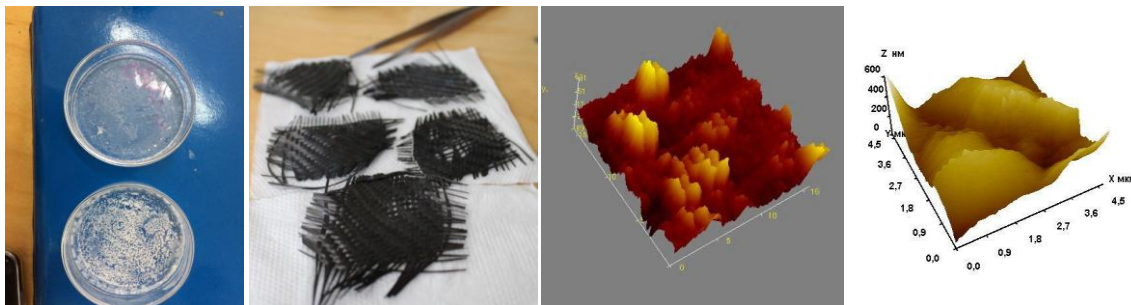


Рис. 1,2. Наноплёнки ZnO, нанесённые на углеволокно и чашки Петри.

Рис. 3,4. Покрытие оксида цинка (зондовый микроскоп).

Данное углеволокно применялось в модульной очистке воды, в качестве фильтра.

#### 2. Электрохимический метод.

Для получения структур ZnO используется многочисленное количество методов, но большинство из них имеют значительные недостатки такие, как высокая стоимость оборудования, довольно большая длительность синтеза. Стержни ZnO можно получать и более простым способом, этот метод называется электроосаждение. Он не требует дорогостоящего сложного оборудования, прост в эксплуатации так же преимущество данного метода в том, что он является низкотемпературным, допускает различные формы подложек, высокий контроль над толщиной плёнки.

Электрохимический синтез проводился при разных технологических параметрах таких, как напряжения на электродах и температура отжига. В качестве рабочего электрода, в данной

установке, выступает пластина ИТО, а роль противоэлектрода выполняет углеволокно.

Плѐнки ZnO электролитически осаждали на стеклянные подложки, покрытые ИТО, в водном растворе, состоящем из 25 мМ ацетата  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 6H_2O$  с рабочей температурой 70 °С, 80 С. при помощи потенциостат-гальваностата 3 при различных напряжениях: 1900 мВ, 2000 мВ и 2100 мВ. Весь процесс осаждения проводился в течение 5,7,10,12 минут при 60 С, 70 С. Затем, часть подложек подвергалась отжигу при температурах: 250 °С, 400 °С, 550 °С на протяжении 10 минут, а затем промывались в этаноле.

Образцы были получены при разных технологических параметрах. Опытным путѐм было выявлено, что оптимальное время осаждения - 7 мин при напряжении 2100 мВ и температуре 70 С.

### 3. Методика очистки наноплѐнок.

Использовали стеклянные подложки размером 1,5\*4,5 см. Подложки промывались проточной водой с моющим средством, затем обрабатывались в ультразвуковой ванне с дистиллированной водой в течении 20 мин при 25 °С, после промывали деионизированной водой и сушились при н.у. до полного высыхания. Высушенные подложки обрабатывали изопропиловым спиртом для обезжиривания поверхности.

Задача: синтез наноплѐнок на основе оксида цинка.

Оборудование: гальваностат, штатив, стеклянный стакан, углеволокно, 2 плитки, плѐнки итo.

Ход работы:

- Приготовить раствор электролита - ацетат цинка 25 мМ.
- Собрать установку(см приложение 1).
- Предварительно разогреть плитки.
- Промыть оборудование.
- Приступить к осаждению: при различных напряжениях: 1900 мВ, 2000 мВ и 2100 мВ, температура - 50 С, 10 минут.
- Промыть плѐнки в дистиллированной воде.
- Запекать полученные образцы на плитке при 150 С (по методике 450, но при данной температуре плѐнки плавятся).

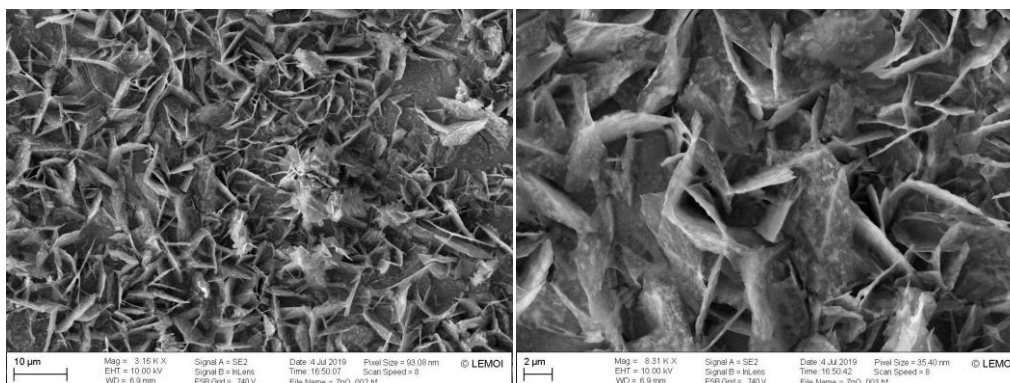
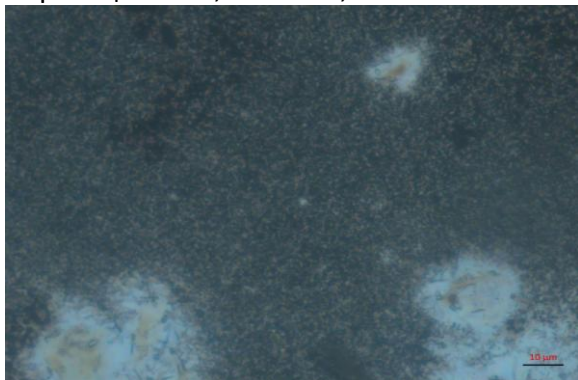


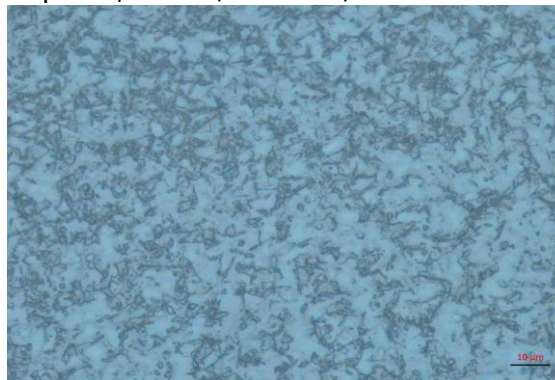
Рис. 3,4. Наноплѐнки на основе ZnO.

Для сравнения качества полученных плѐнок, мы меняли условия синтеза плѐнок.

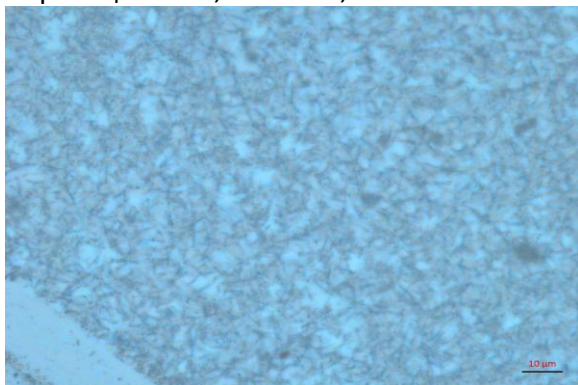
Образец 1: 60 С, 2100 мВ, 12 мин.



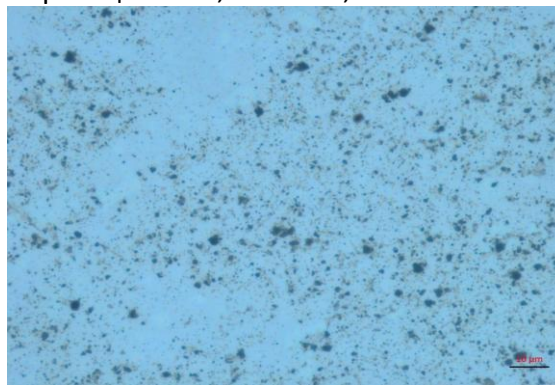
Образец 2: 70 С, 2100 мВ, 5 мин.



Образец 3: 70 С, 1900 мВ, 10 мин



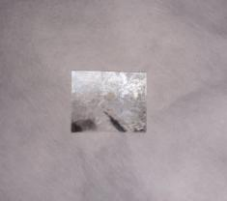


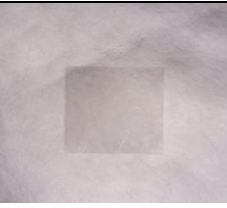
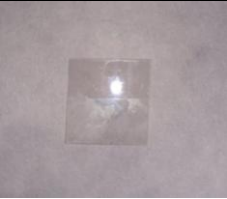

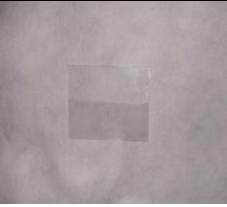

Образец 4: 70 С, 2100 мВ, 10 мин

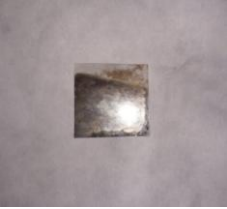



№ образца	Время	Напряжение	Температура раствора
1	6 мин	2300 мВ	60
2	5 мин	2100 мВ	70
3	10 мин	1900 мВ	70
4	10 мин	2100 мВ	70

Время	5 мин	7 мин	10 мин
	Недостаточно для полного осаждения ZnO и равномерного нанесения на ITO	оптимальное время осаждения: пленки получаются равномерными с оптимальной толщиной	пленки получаются неравномерными

Образец	Время	Напряжение	Температура
	7 мин	1700 мВ	70 С
	7 мин	2500 мВ	70

	7 мин	2300 мВ	70
	7 мин	1500 мВ	70
	7 мин	1500 мВ	70
	7 мин	1900 мВ	70
	7 мин	2500 мВ	70
	9 мин	2300 мВ	50
	8 мин	2300 мВ	50
	7 мин	2100 мВ	50

	7 мин	2000 мВ	50
	10 мин	2100 мВ	50

Экспериментальным путём было выявлено, что оптимальной температурой осаждения является 70 С, напряжение - 2100 мВ, время - 7 минут.

Данный способ нанесения использовался при сборке гибкого солнечного элемента.

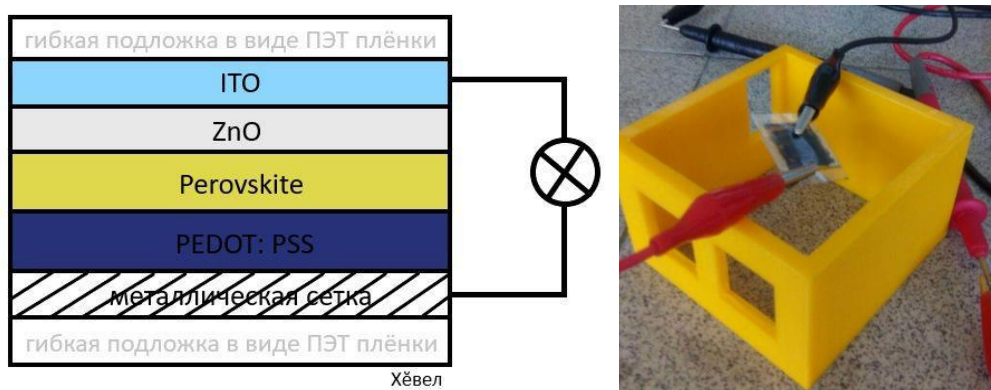


Рис.5. Гибкий солнечный элемент на основе перовскитных технологий.

Для того, чтобы собрать солнечный элемент на перовскитных технологиях были выбраны следующие материалы: ПЭТ пленка с уже нанесенным на нее слоем ИТО, оксид цинка, перовскиты, полимерный электропроводящий материал PEDOT PSS. Сборка начиналась с нанесения электрохимическим методом слоя оксида цинка на слой оксида индия олова, то есть ИТО.

### Выводы, заключение, перспективы

В результате проделанной работы мы пришли к выводу, что наноплёнки на основе оксида цинка являются многофункциональным материалом, который можно использовать в самых разных отраслях. Чем и обуславливается актуальность данного направления. Нами был собран гибкий солнечный элемент на основе перовскитных технологий. Было опробовано множество различных методик получения наноплёнок оксида цинка. При работе с модульной очисткой воды возникли некие трудности, связанные с созданием с самого макета “очистного сооружения”. А также возник вопрос о токсичности данного материала. В связи с чем была проведена исследовательская работа на выявление токсичности данного материала. В качестве объекта использовался штамм дрожжей YARROWIA LYPOLYTICA. В результате проделанной работы было выявлено, что данные материалы не наносят существенного урона микроорганизмам. Следовательно, данный способ очистки воды имеет право на существование. В дальнейшем мы планируем создать макет “очистного сооружения” на основе наноплёнок оксида цинка.

*Результат:*

- были адаптированы методики синтеза под условия лаборатории
- были получены нанопленки на основе ZnO на различных подложках
- полученные образцы были изучены следующими методами: электронная микроскопия, оптическая микроскопия, атомно-силовая микроскопия
- наноплёнки успешно применялись для реализации проектов: «Модульная установка для очистки сточных вод фотокатализом» и «Солнечные элементы нового поколения».

**Список цитированных источников**

1. Сяовэй Ц. Разработка методов получения наночастиц оксида цинка различных размеров и форм для эпоксидных композиционных материалов //Москва. – 2014.
2. Бобков А. А. и др. Получение гетероструктурных оксидных композиций для перспективных солнечных элементов нового поколения //Физика и техника полупроводников. – 2017. – Т. 51. – №. 1. – С. 63.
3. Sarwar Z. et al. Вольтамперная фотокаталитическая активность наностержней ZnO, выращенных на углеродной ткани для очистки сточных вод //журнал чистого производства. – 2018. – Т. 201. – С. 909-915.