

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)
Физико-технический факультет



Получение и применение наноструктурированных тонких пленок оксида цинка

Зуробян Алексей Сергеевич студент 1 курса
магистратуры, направления радиофизика.

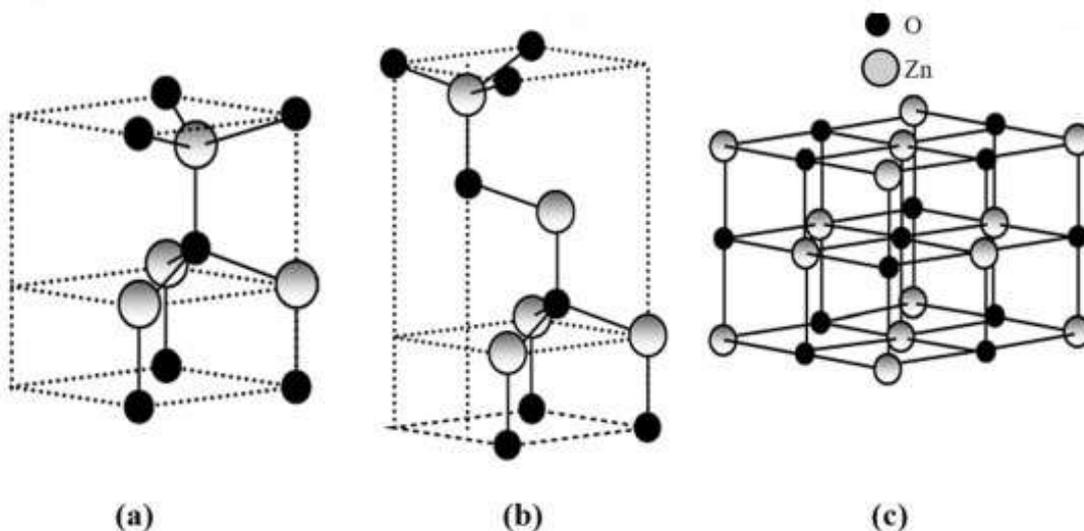
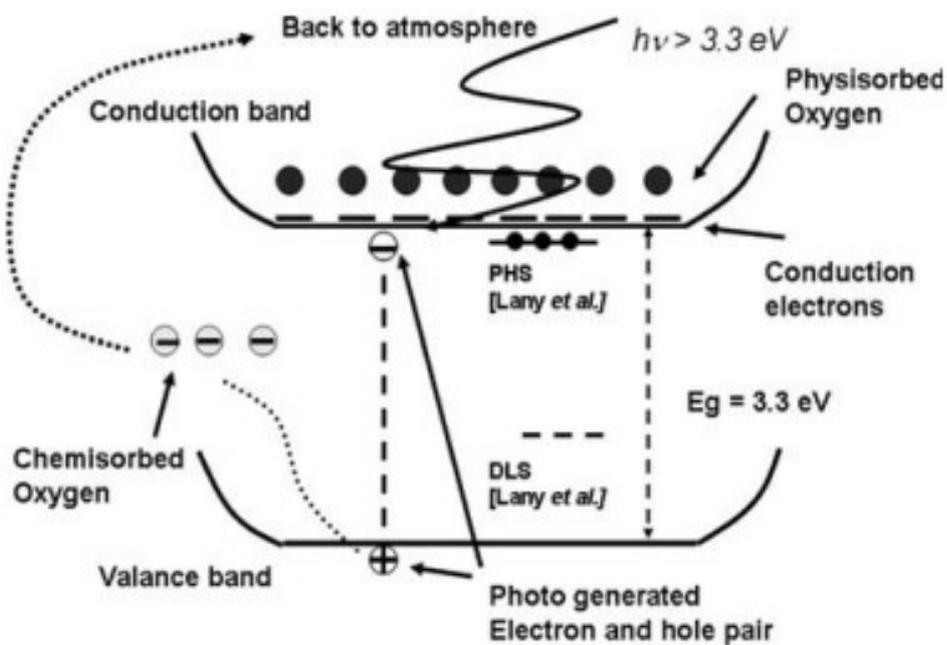
канд. хим. наук, доцент, М. Е. Соколов

Краснодар 2023

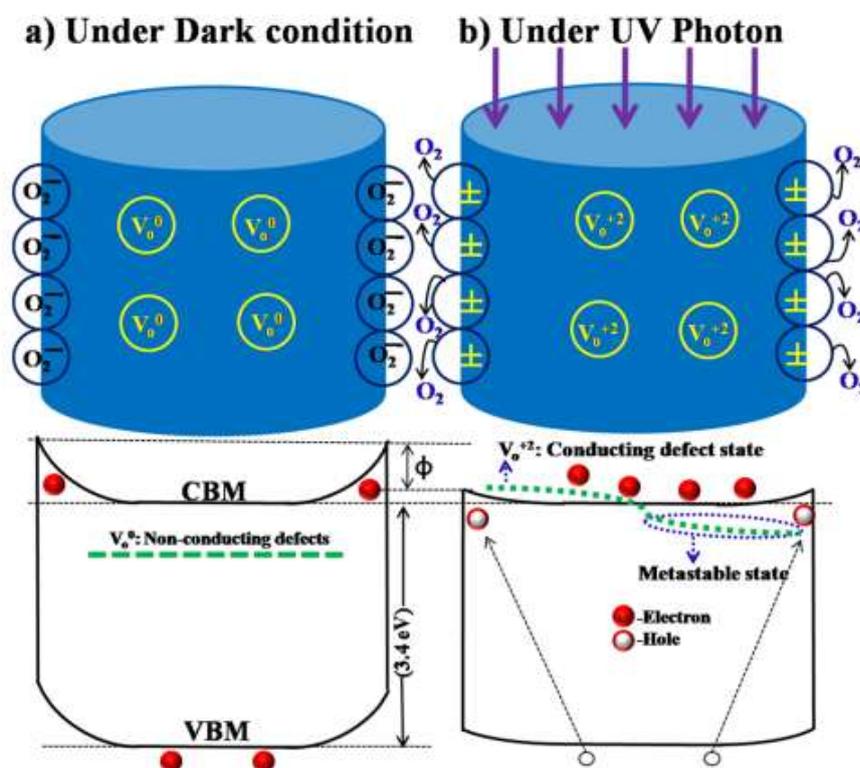
Оксид цинка (ZnO)

Физические свойства:

- 1) $E_g \approx 3.37$ эВ; $E_{ex} \approx 60$ мЭВ
- 2) Структура типа Вюрцит (a), цинковая обманка (b), поваренная соль (c)
- 3) Направление быстрого роста [0002]



Применение наноструктур ZnO в сенсорных системах



Kushwaha, A., (2012). Defect induced high photocurrent in solution grown vertically aligned ZnO nanowire array films / A. Kushwaha, M. Aslam // Journal of Applied Physics. – 2012. – Vol.112(5). – P. 054316. DOI:10.1063/1.4749808

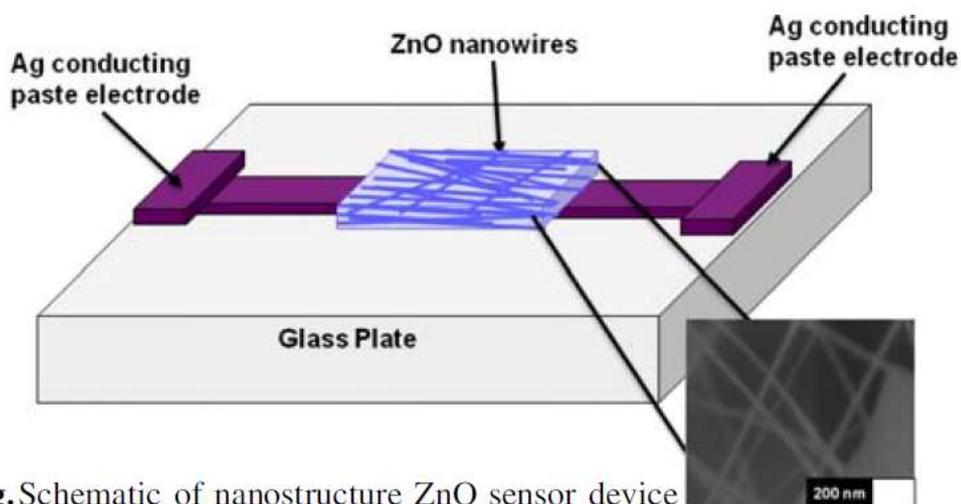
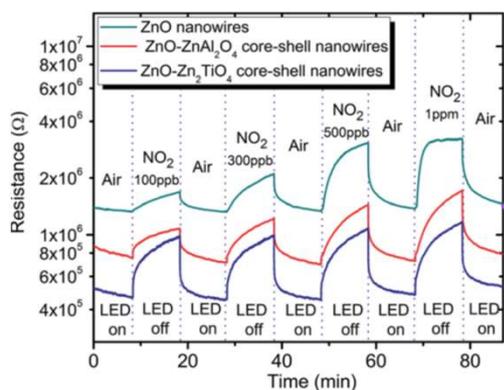


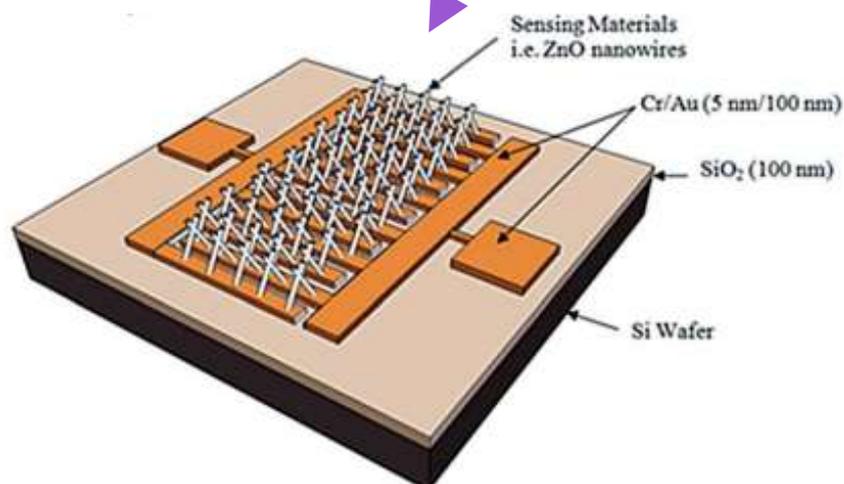
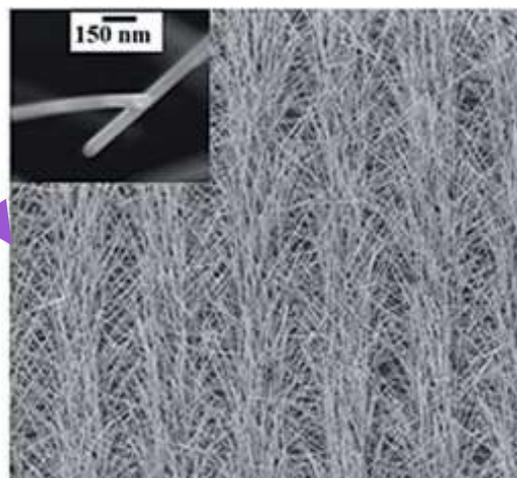
Fig. Schematic of nanostructure ZnO sensor device

Hullavarad, S., (2009). Persistent Photoconductivity Studies in Nanostructured ZnO UV Sensors / S. Hullavarad, N.Hullavarad, D.Look, [et. al]// Nanoscale Res Lett. – 2009. – Vol.4. – P. 1421–1427. DOI 10.1007/s11671009-9414-7

Применение наноструктур ZnO в сенсорных системах



Wongchoosuk, C., Subannajui, K., Wang, C., Yang, Y., Güder, F., Kerdcharoen, T., ... Zacharias, M. (2014). Electronic nose for toxic gas detection based on photostimulated core-shell nanowires. RSC Adv., 4(66), 35084–35088. doi:10.1039/c4ra06143h





Актуальность:

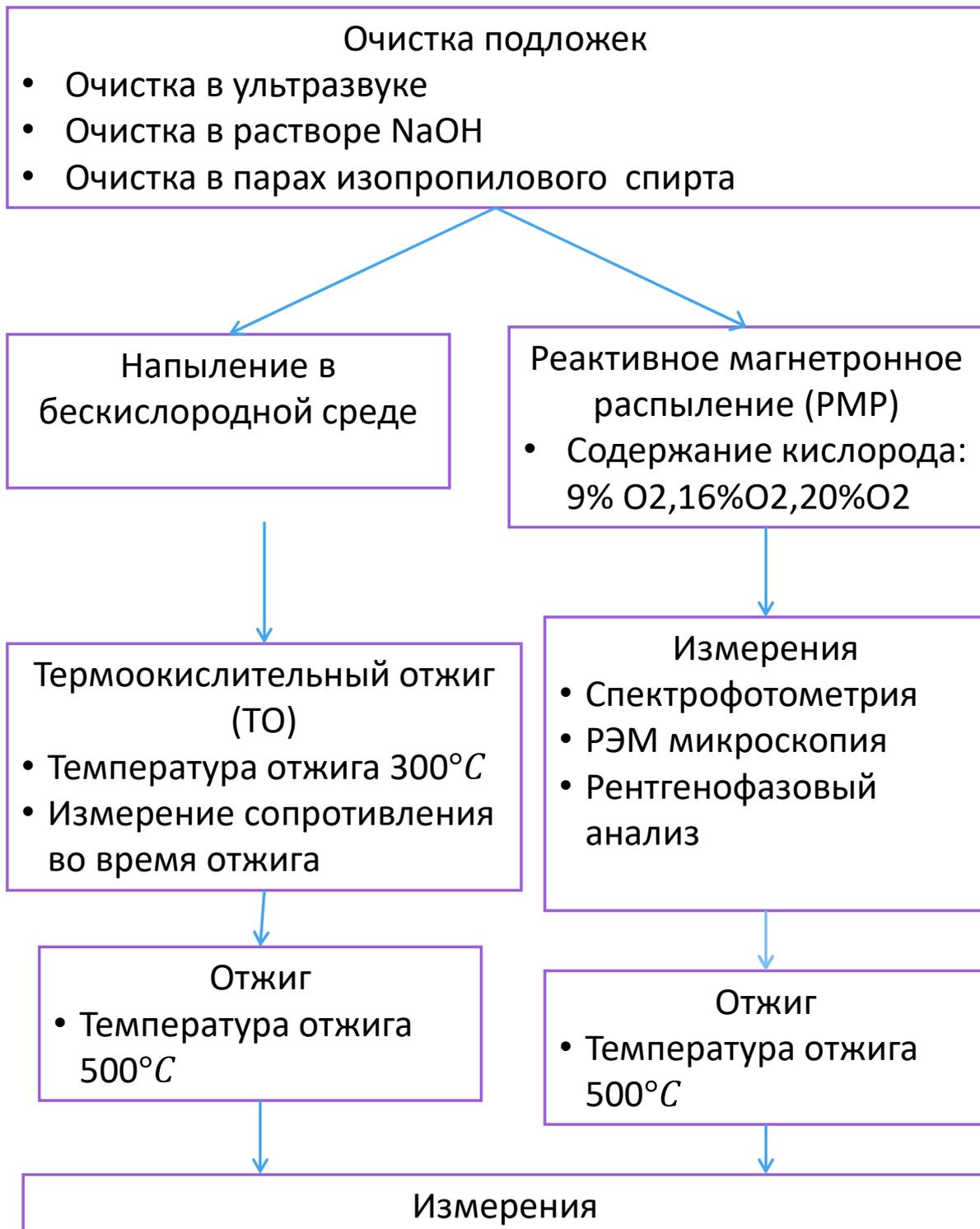
Наноструктуры оксида цинка являются перспективным материалом для создания УФ и химических сенсоров нового поколения

Цель работы: исследование возможности применения наноструктурированных тонких пленок оксида цинка в УФ-сенсорике

Задачи работы:

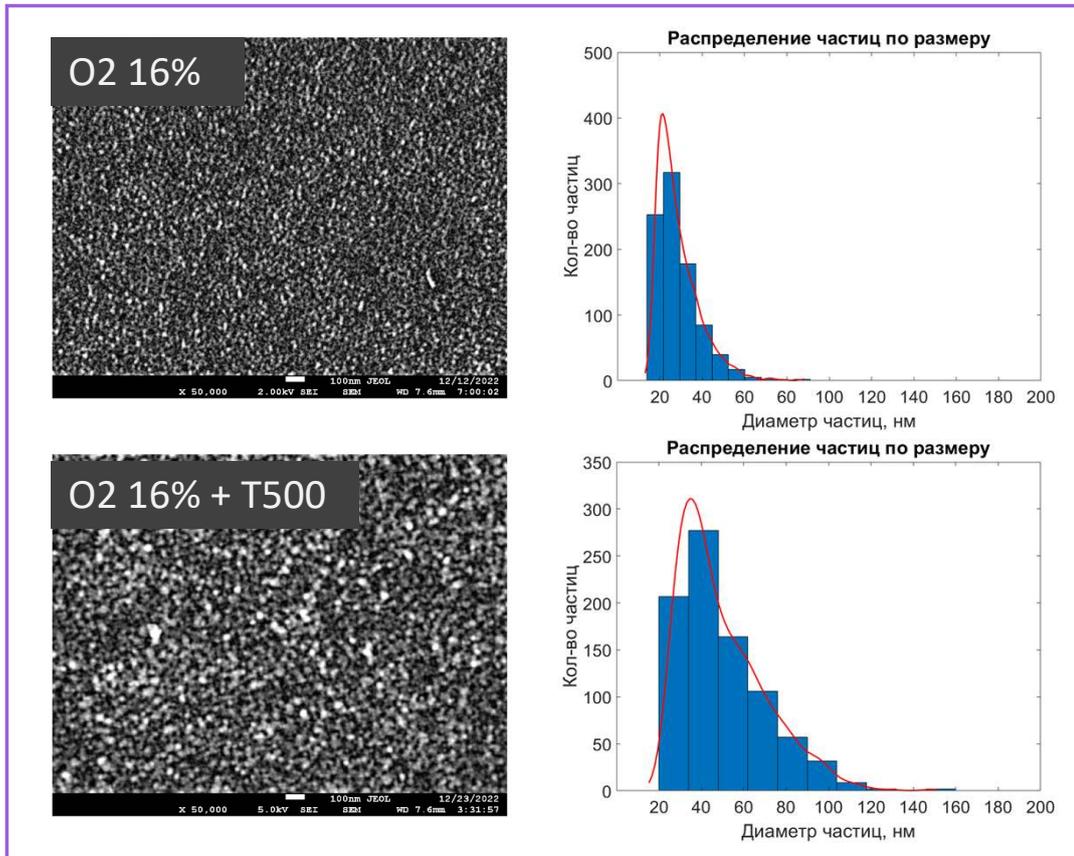
- 1) исследование влияния параметров магнетронного распыления на физические свойства наноструктур оксида цинка;**
- 2) исследование оптических свойств, структуры, и морфологии поверхности полученных наноструктур;**
- 3) Исследование параметров отклика УФ-сенсора на основе полученных наноструктур.**

Получение наноструктур ZnO методом магнетронного распыления

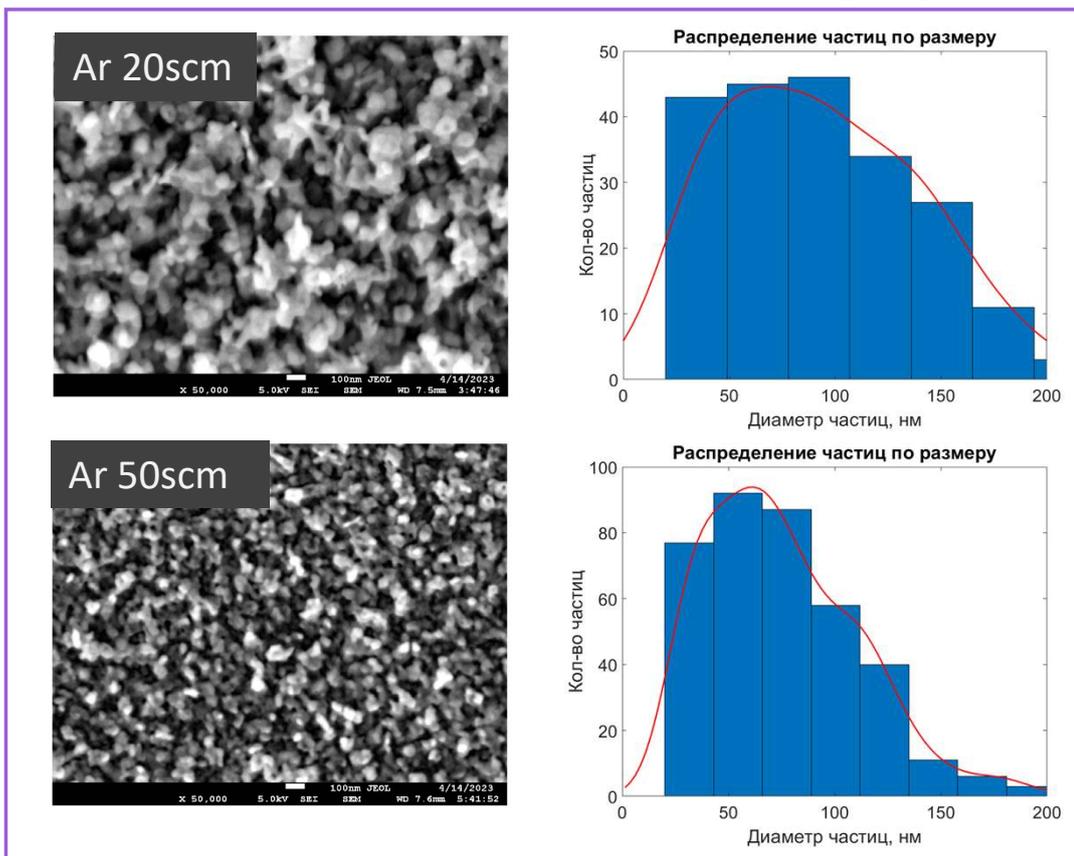


Микроструктура ZnO

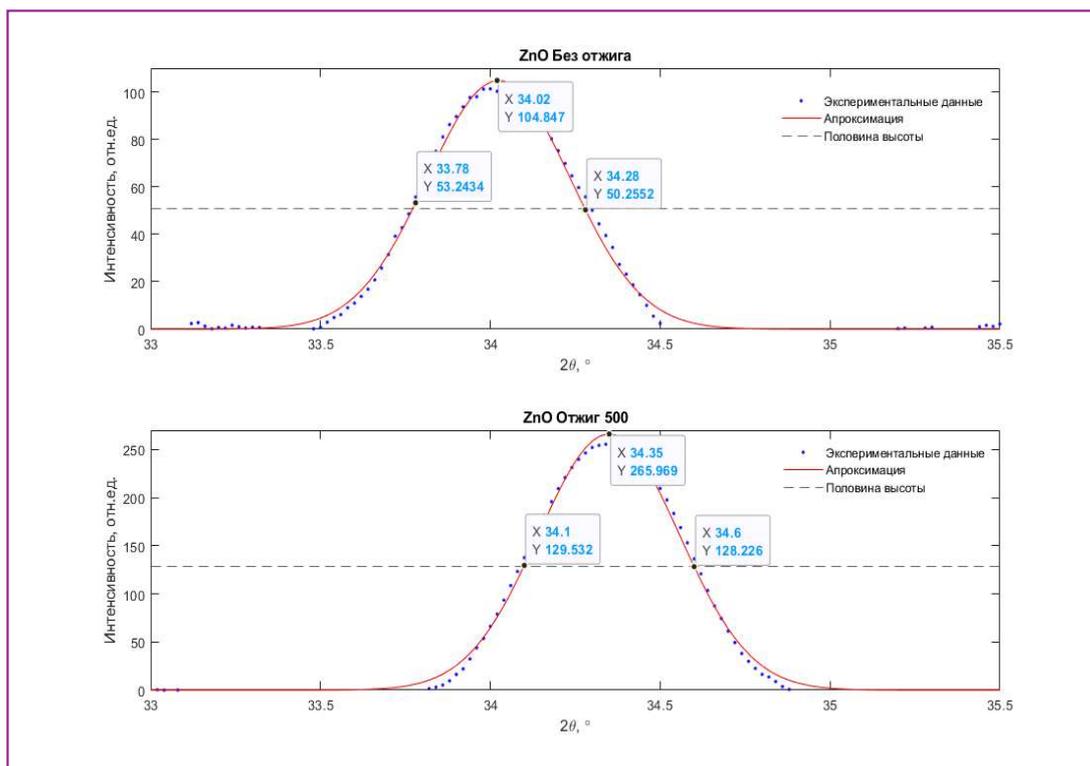
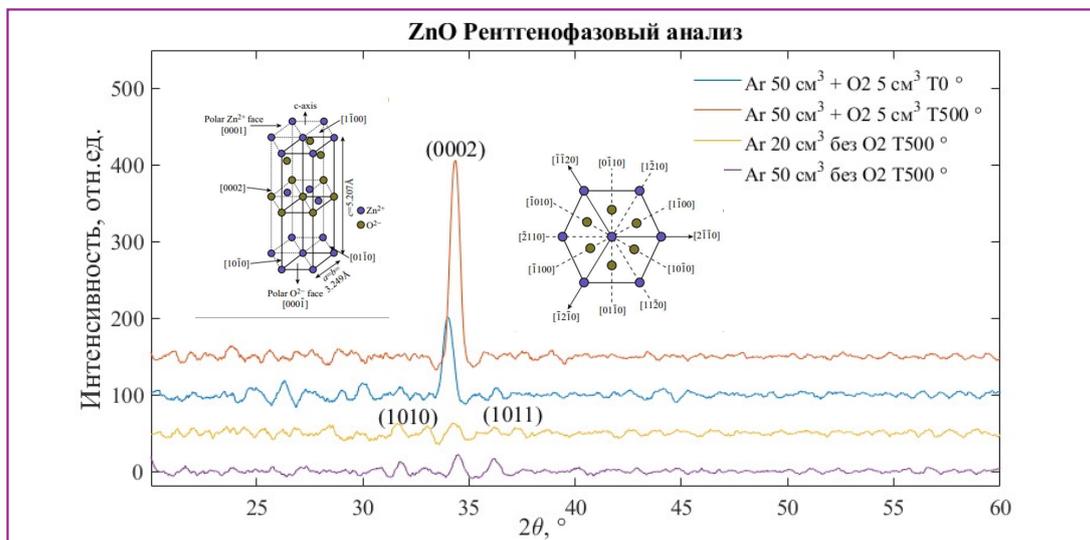
Реактивное магнетронное распыление (PMP)



Магнетронное распыление + термоокислительный Отжиг (ТО)

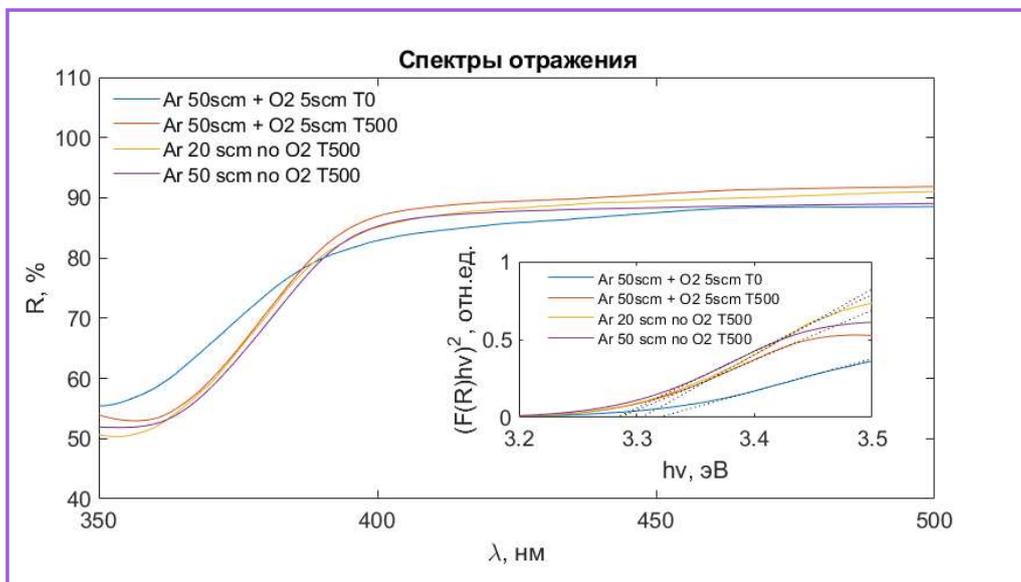


Кристаллическая структура оксида цинка



	ZnO Отжиг 500С°	ZnO Без отжига
D, нм	16.61	16.63
$d_{0002}, \text{Å}$	2.6093	2.6331

Спектры отражения и расчет ширины запрещенной зоны

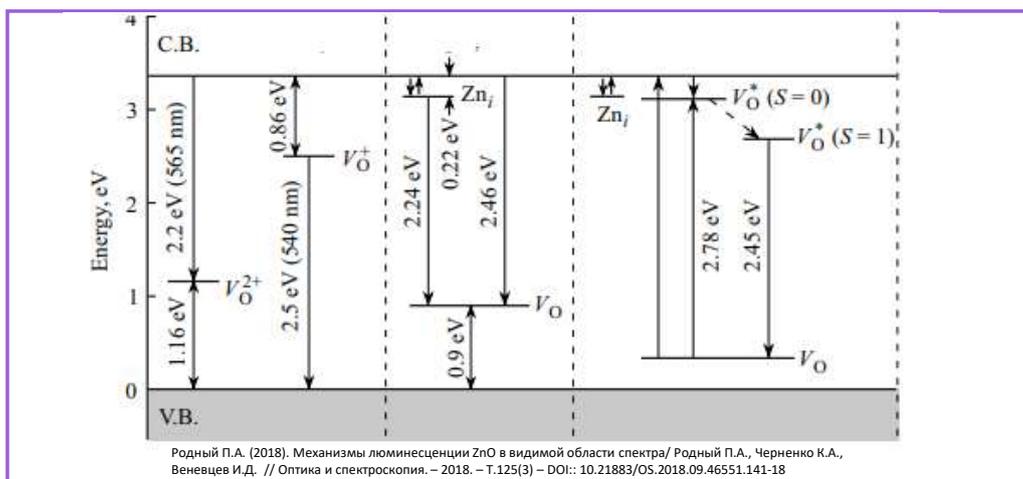
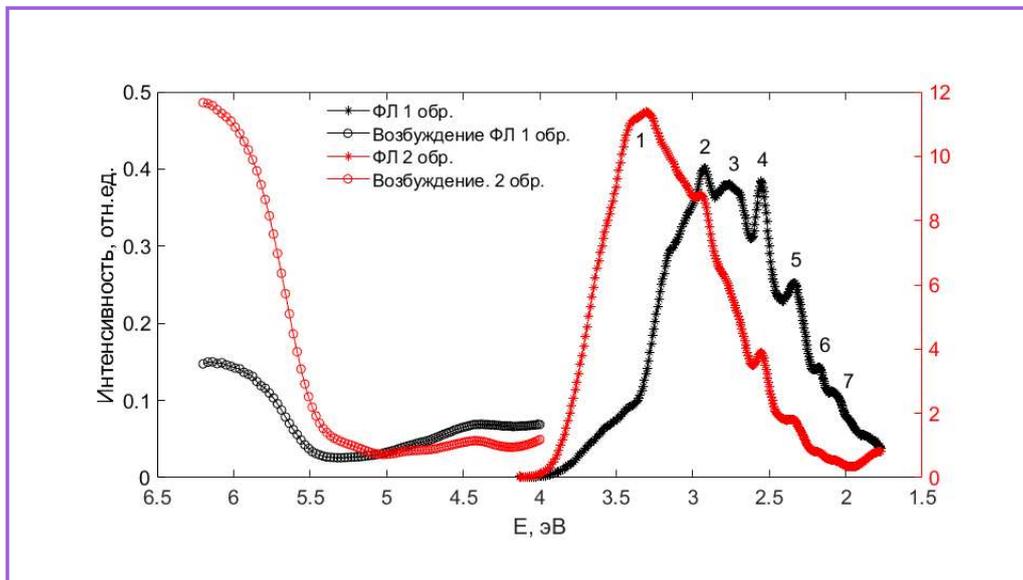


$$F(R) = \frac{1 - \left(\frac{R}{100}\right)^2}{2 \frac{R}{100}} - \text{Функция Кубелки-Мунка}$$

$$F(r)hv = A(hv - E_g)^{\frac{1}{2}} - \text{Экстраполяция Тауца}$$

Образец	Поток аргона	Поток кислорода	Отжиг	E_g , эВ
ТО	20	0	500	3.28
ТО	50	0	500	3.30
РМР	50	5	500	3.28
РМР	50	5	0	3.31

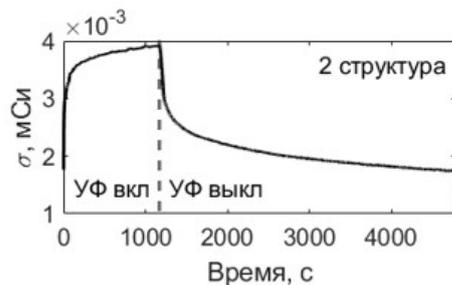
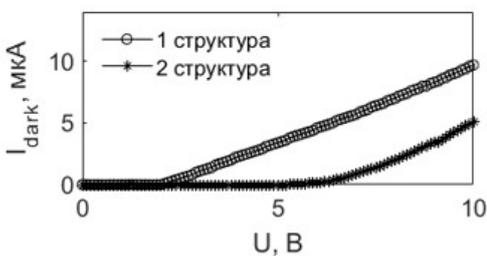
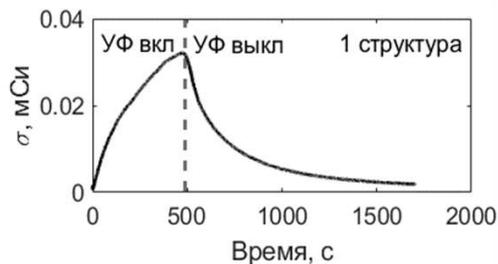
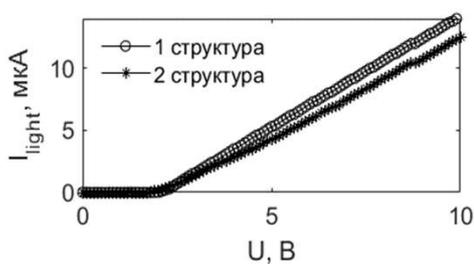
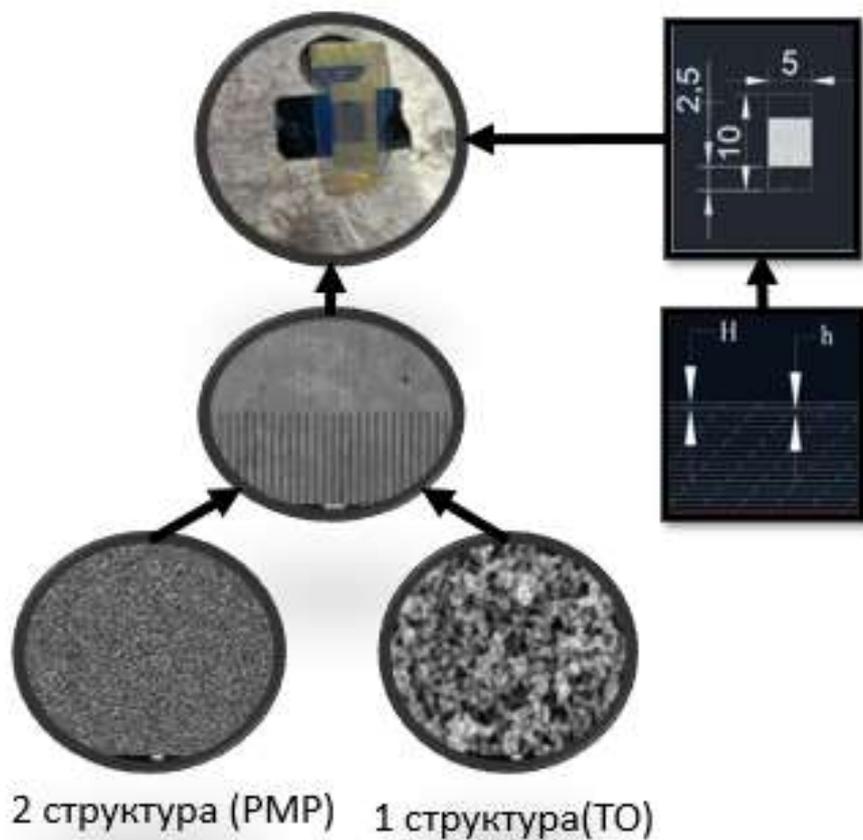
Спектры отражения и расчет ширины запрещенной зоны



№ Максимума	ТО	РМР	Описание
	(1 обр.), эВ	(2 обр.), эВ	
1	-	3.28	Экситонная полоса
2	2.94	2.94	V_O^{2+}
3	2.76	-	V_O
4	2.55	2.55	V_O^+
5	2.34	2.34	V_{Zn}
6	2.17	2.17	-
7	2.06	2.06	V_O^{2+}

УФ-сенсор на основе наноструктур ZnO

Принципиальная схема устройства





Выводы:

1) Исследовано влияние параметров магнетронного распыления на физические свойства наноструктур оксида цинка:

В случае реактивного магнетронного распыления получают ориентированные структуры, в то время, как после термоокислительного отжига частицы имеют произвольную ориентацию относительно плоскости подложки.

2) Исследованы оптические свойства, структура, и морфология полученных наноструктур:

полученные наноструктуры реализуются в кристаллической структуре типа вюртцит. Структуры полученные реактивным магнетронным распылением не имеют нейтральных вакансий кислорода

3) Исследованы параметры отклика УФ-сенсора на основе полученных наноструктур:

Структуры полученные методом реактивного магнетронного распыления оказываются более перспективными для использования их в качестве чувствительного слоя будущих УФ – детекторов



Над проектом работают:

**Зуробян А.С. Соколов М.Е.,
Михайлов А.К., Семечин А.К.,
Шафоростов Д.М.**

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках проекта государственного задания № FZEN-2023-0006 от 13.01.2023 г. тема: «Перспективные вещества, материалы и современные методы исследования объектов и систем для решения задач обеспечения энергоэффективности и безопасности среды обитания»



Спасибо!