



Национальный исследовательский
Томский государственный университет

СТРУКТУРА И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ, ПОЛУЧЕННЫХ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИЕЙ МЕДИ В ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

Работу выполнила:

Гончарова Д. А.

Научный руководитель:

доцент, к.ф.-м.

Светличный В. А.

Применение

Биомедицина:

- Антибактериальные и бактериостатические материалы;
- Бицидные добавки.

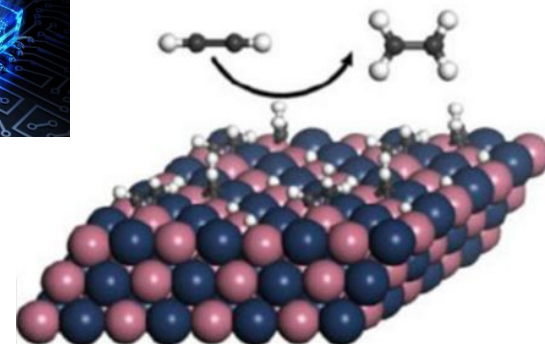
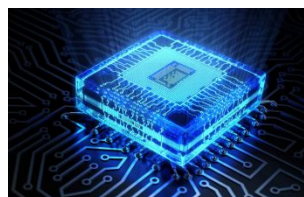
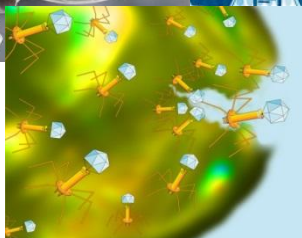
Оптоэлектроника:

- Газовые датчики;
- Миниатюрные устройства.

Катализ:

- Гетерогенные и нанесенные катализаторы;
- Фотокатализаторы.

Медьсодержащие НЧ



Цель работы: Получение медьсодержащих наночастиц меди с заданными характеристиками методом импульсной лазерной абляции в газовой среде.

Задачи

- Получение наночастиц импульсной лазерной абляцией меди в газовой среде (воздух, смесь Ar:O₂ (80:20), CO₂);
- Исследование влияния состава реакционной среды на фазовый состав, строение и свойства, полученных наночастиц.

Синтез исследуемых материалов

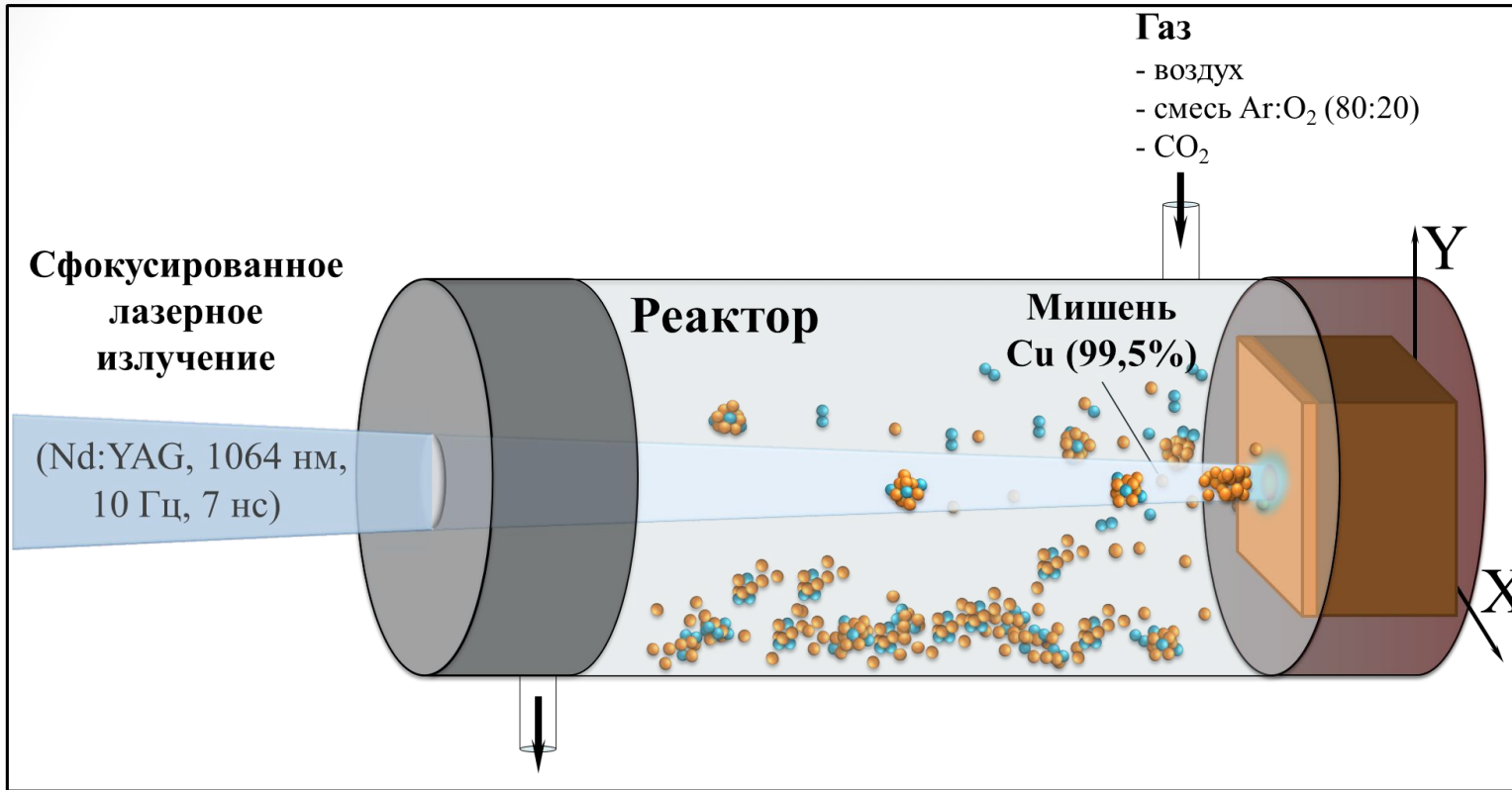
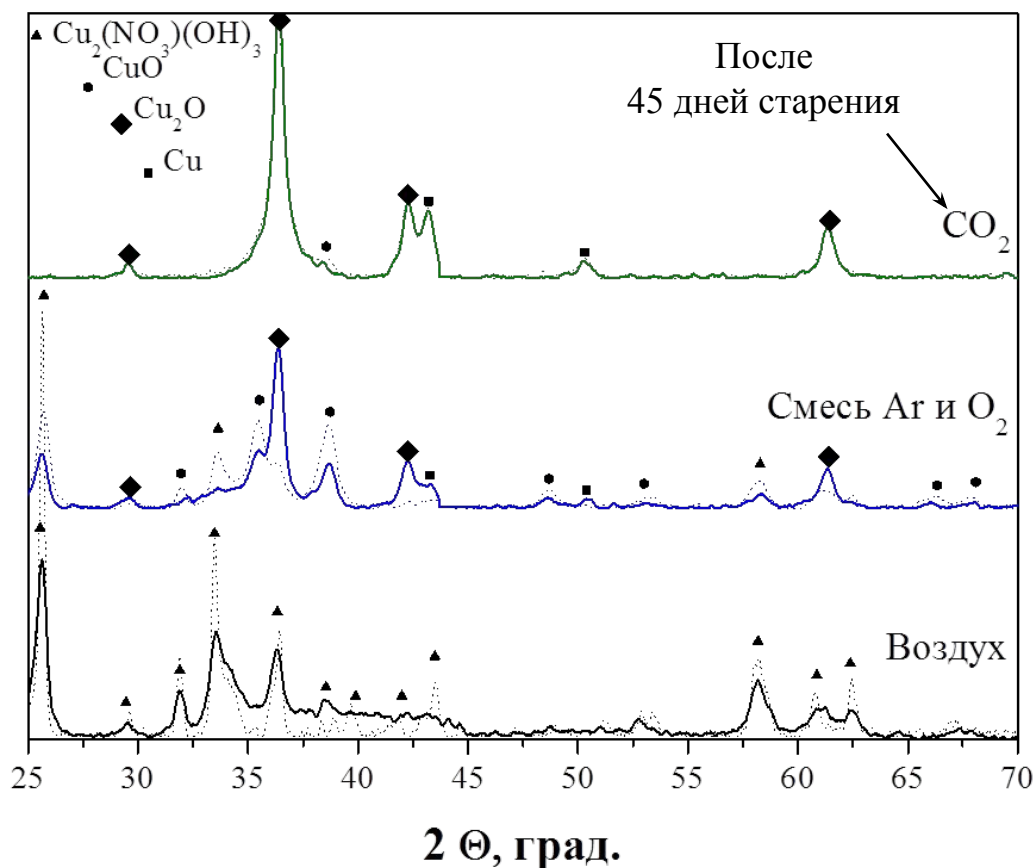


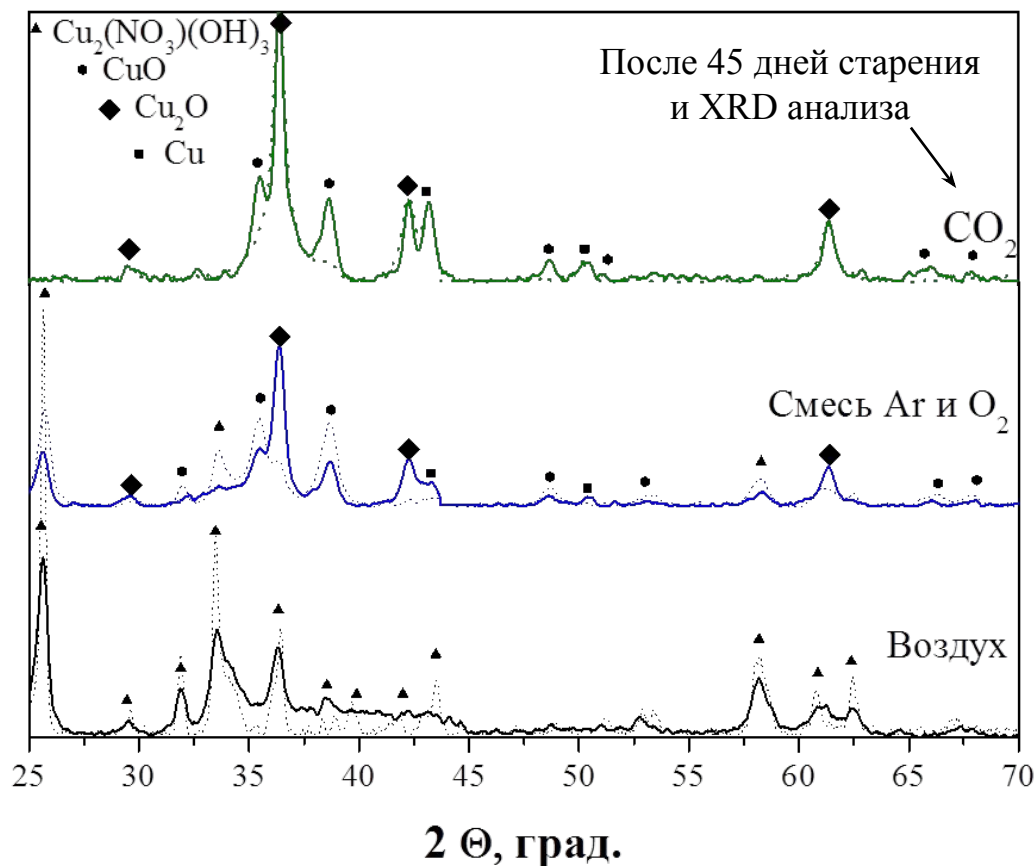
Схема установки для получения НЧ ИЛА в газе

Исследование фазового состава нанопорошков



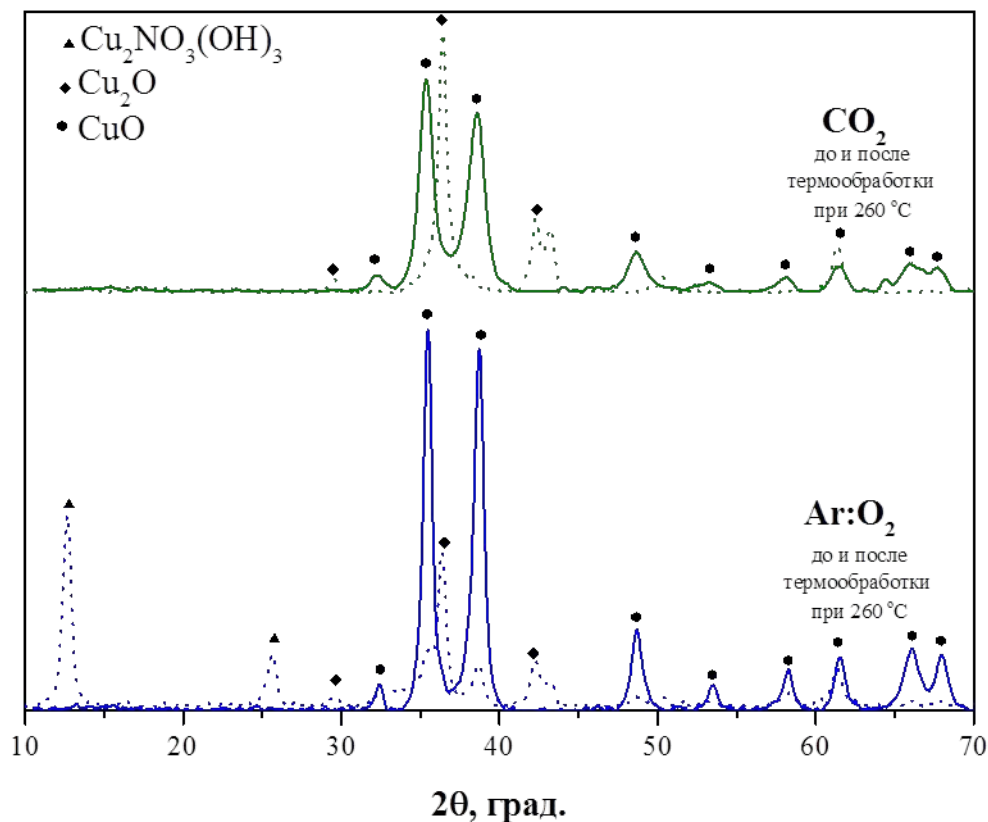
Дифрактограммы порошков, полученных лазерной абляцией меди в различных газовых средах свежеприготовленные порошки (прямая линия), состаренные (пунктирная линия)

Исследование фазового состава нанопорошков



Дифрактограммы порошков, полученных лазерной абляцией меди в различных газовых средах свежеприготовленные порошки (прямая линия), состаренные (пунктирная линия)

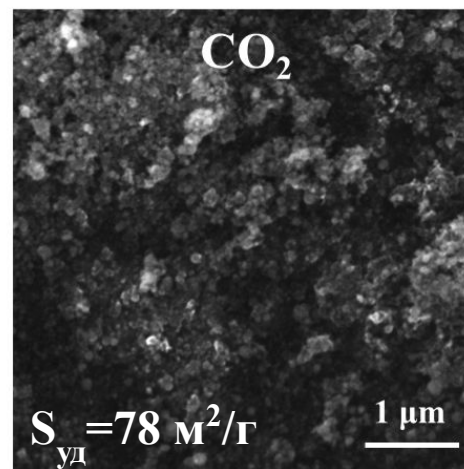
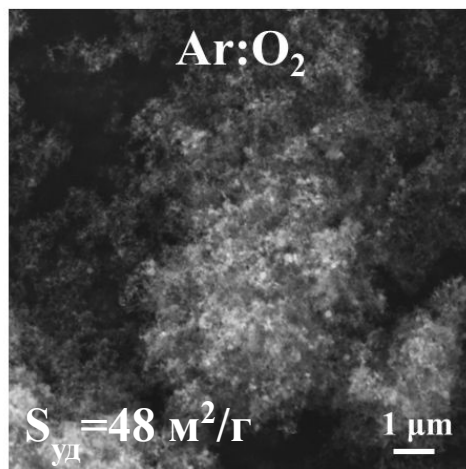
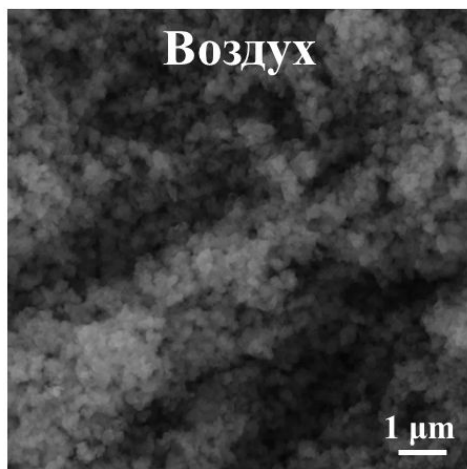
Исследование фазового состава нанопорошков после термического воздействия



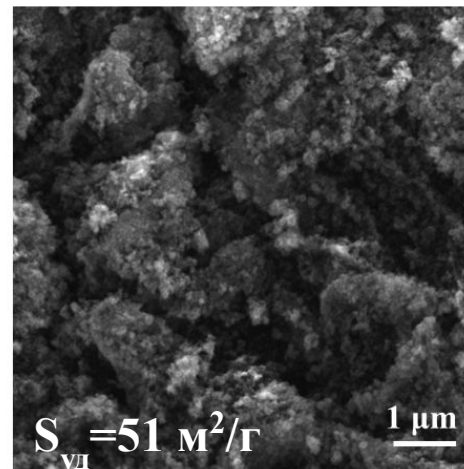
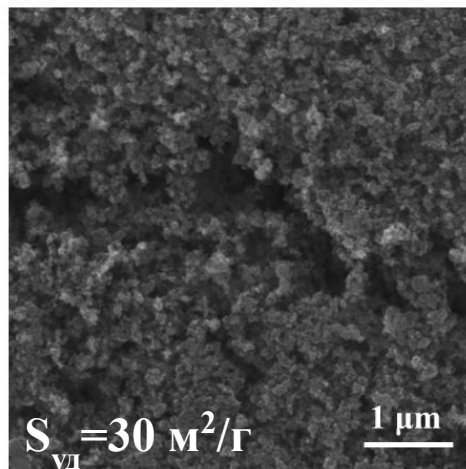
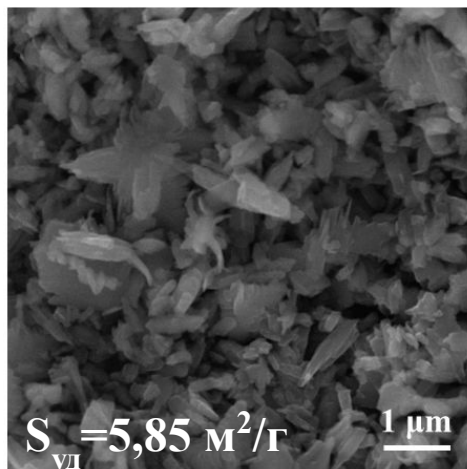
Дифрактограммы порошков, полученных лазерной абляцией меди в различных газовых средах отожженных при 260°C (прямая линия), свежеприготовленные порошки (пунктирная линия)

Характеристики поверхности полученных нанопорошков

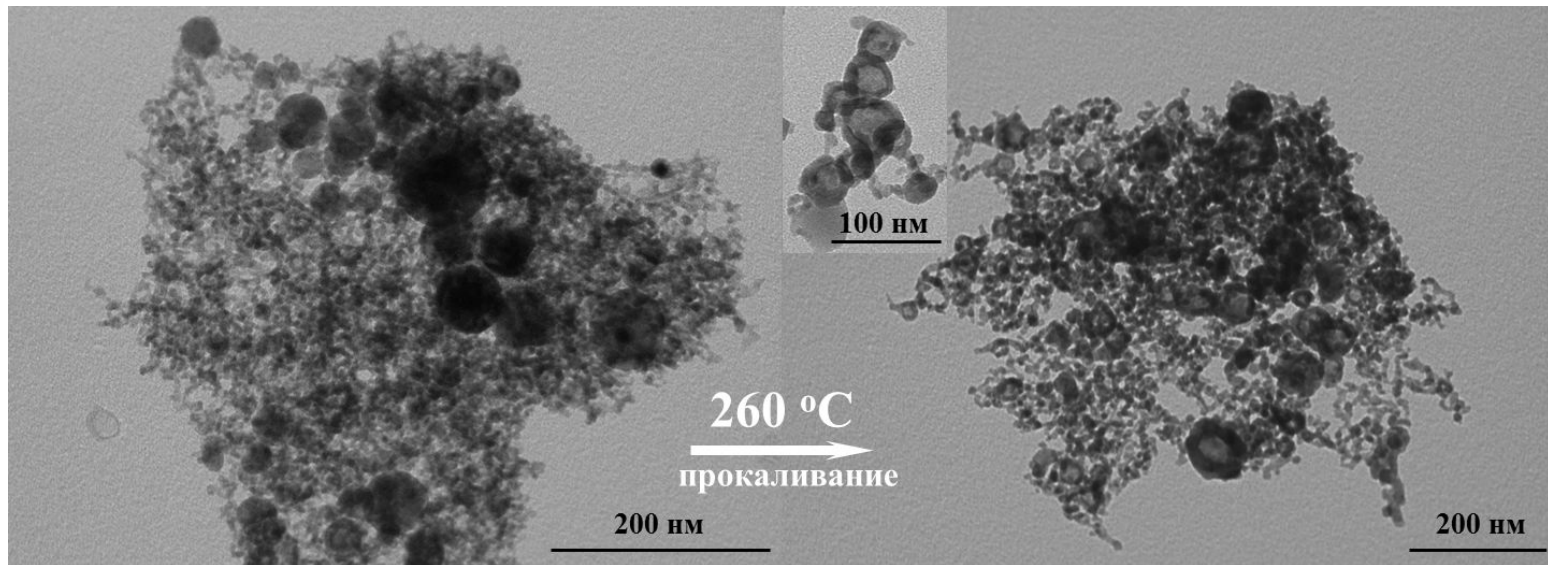
СЭМ изображения исходных порошков



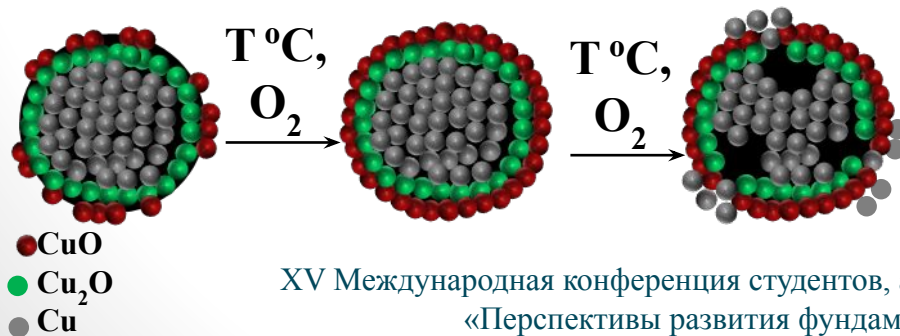
После термической обработки при 260 °С



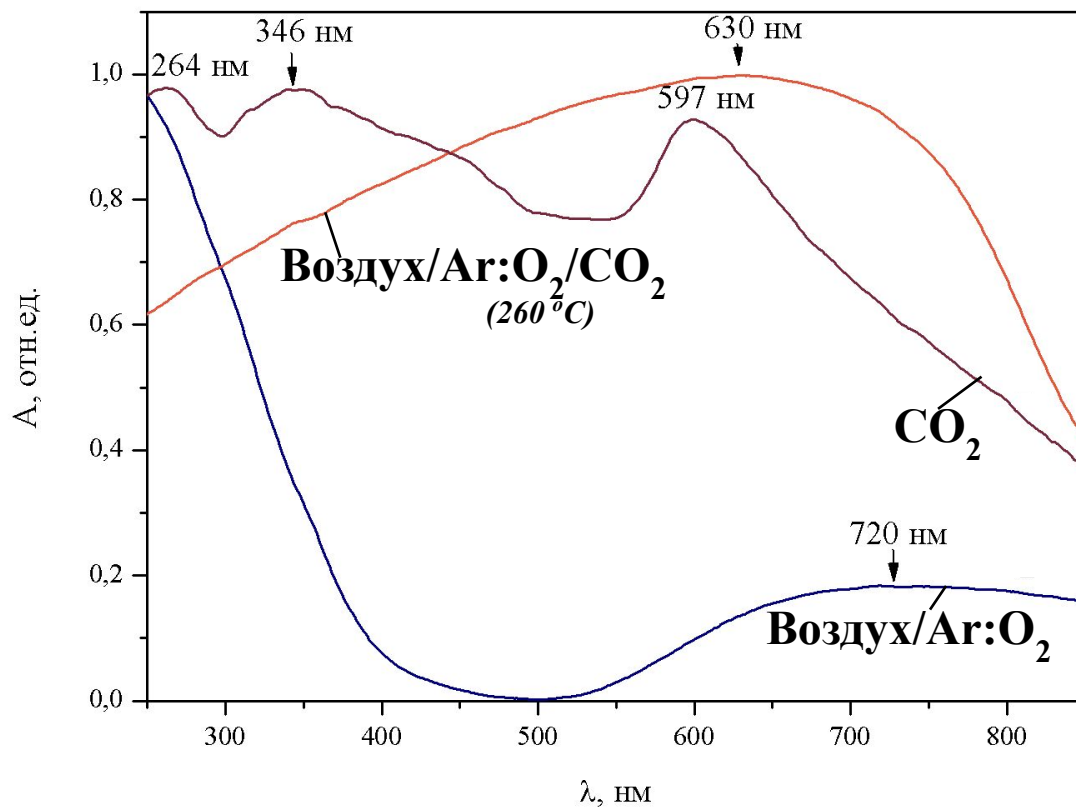
Особенности структуры НЧ после прокаливания



ПЭМ изображения НЧ, полученных лазерной абляцией меди в углекислом газе, исходный (слева) и прокаленный при 260 °С (справа)



Оптические свойства полученных порошков



Спектры СДО порошков наночастиц, полученных в различных средах

Выводы

Получены наночастиц импульсной лазерной абляцией меди в газовой среде (воздух, смесь Ar:O₂ (80:20), CO₂).

Установлено, что:

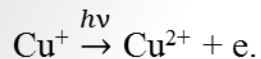
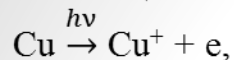
- ИЛА меди в воздухе образуется моноклинная фаза основного нитрата меди;
- В смеси аргона и кислорода образуется моноклинные фазы основного нитрата меди и оксида меди (II) и кубическая фаза Cu₂O;
- ИЛА меди в углекислом газе получены кубические фазы оксида меди (I) и металлической меди, в структуре Cu@Cu₂O;
- Порошки полученные в воздухе и смеси аргона и кислорода менее стабильны, в отличие от полученных в углекислом газе
- Отжиг порошков при 260 °С, полученных ИЛА меди в различных газовых смесях, приводит к образованию моноклинной фазы CuO с различной морфологией.
- Рентгеновское облучение ускоряет процесс окисления порошка, полученного в углекислом газе.

Исследованы оптические свойства полученных нанопорошков.

Возможные реакции взаимодействия

Плазма меди (мишени)

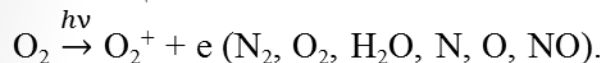
Ионизация:



Различные виды высокоэнергичных, ионизированных и возбужденных атомов и кластеров меди (Cu_m^+ , Cu_m^* , Cu_m^{n*+} , где $m=1$ – атом, $m>1$ – кластер)

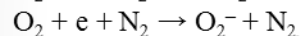
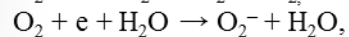
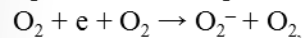
Плазма среды (воздуха) ($\text{N}_2:\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$ в соотношении 4:1:0,05)

Ионизация:

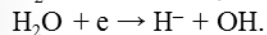
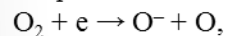


Гибель электронов:

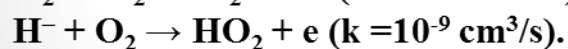
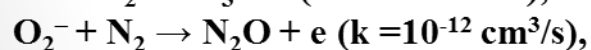
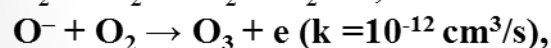
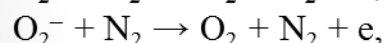
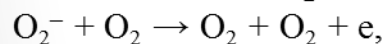
Трехчастичное прилипание электронов



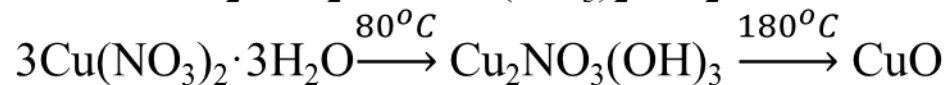
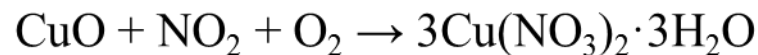
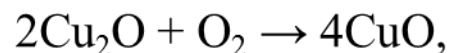
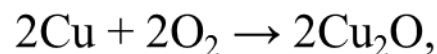
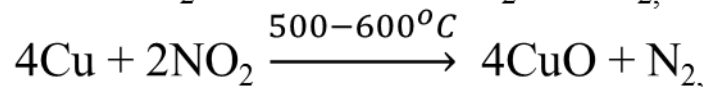
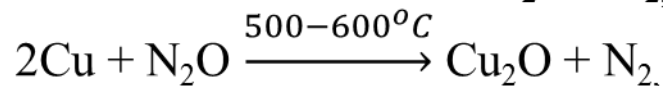
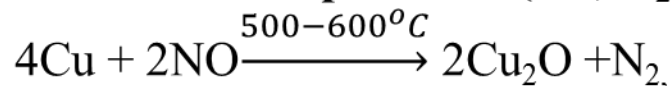
И процессы диссоциативного прилипания



Отлипание электронов:



Химические реакции (Cu, O₂, N₂)

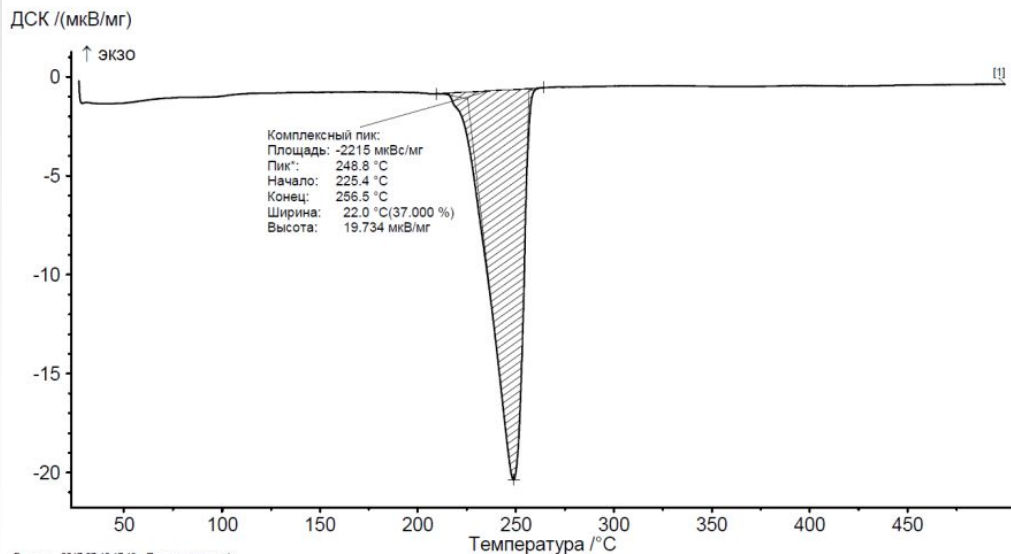


Рентгенофазовый анализ

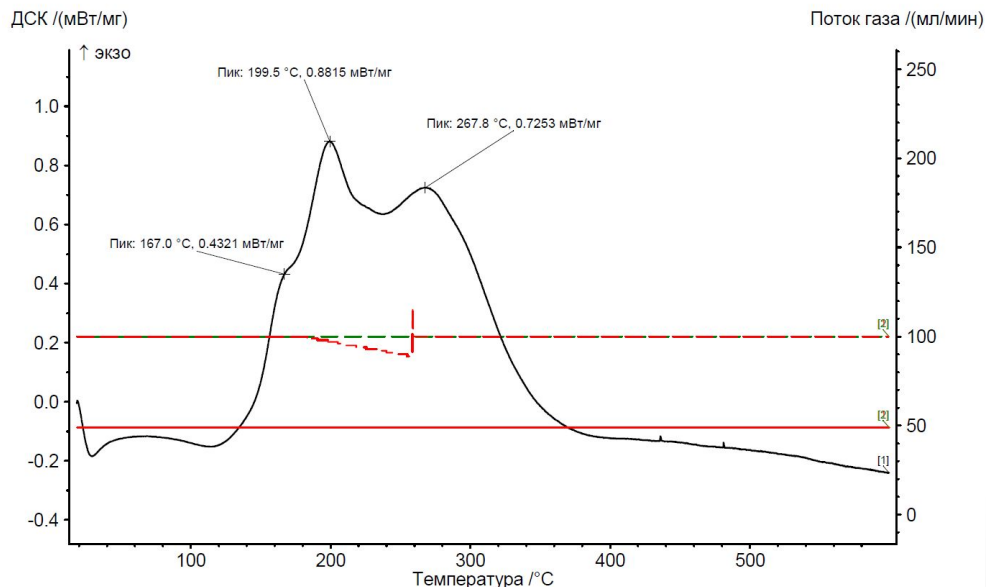
Таблица – Данные РФФ, рассчитанные в POWDERCell 2.4

Образец	Фаза	Сингония (пространственная группа)	Содержание фазы, %	$d_{\text{ср.кристалл}}$ нм
CO ₂ (свежий)	Cu ₂ O	Кубическая (224)	86,8	10,24
	Cu	Кубическая (225)	13,2	-
CO ₂ (45 дней после анализа XRD)	Cu ₂ O	Кубическая (224)	51,8	19,71
	CuO	Моноклинная (15)	40,1	25,13
	Cu	Кубическая (225)	8,1	-
Ar:O ₂ (свежий)	Cu ₂ (OH) ₃ (NO ₃)	Моноклинная(4)	62,4	26,41
	Cu₂O	Кубическая (224)	21,8	14,43
	CuO	Моноклинная (15)	15,8	10,88
Ar:O ₂ (после 1 дня)	Cu ₂ (OH) ₃ (NO ₃)	Моноклинная (4)	87,7	22,47
	CuO	Моноклинная (15)	12,3	11,04
Air (свежий)	Cu ₂ (OH) ₃ (NO ₃)	Моноклинная (4)	100	18,64
Air (после 1 дня)	Cu ₂ (OH) ₃ (NO ₃)	Моноклинная (4)	100	34,73

ДСК



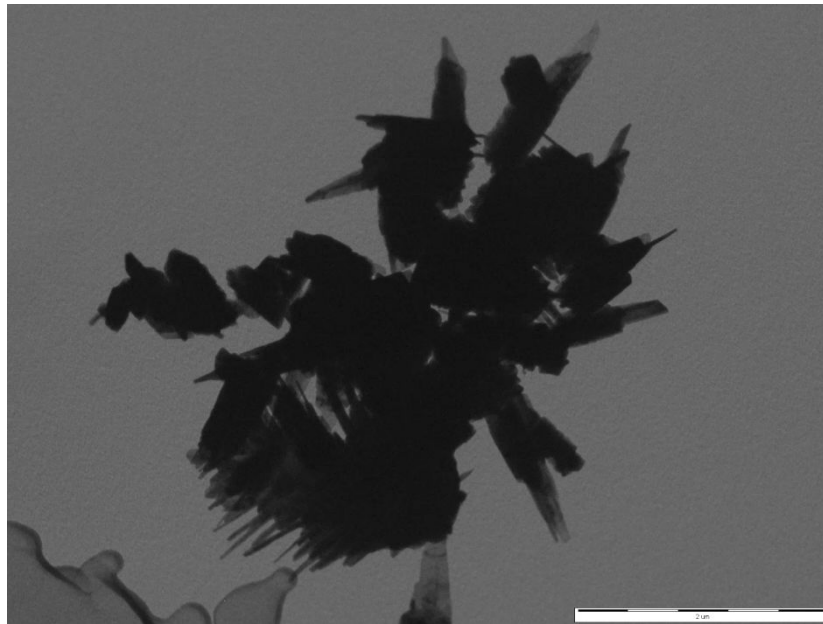
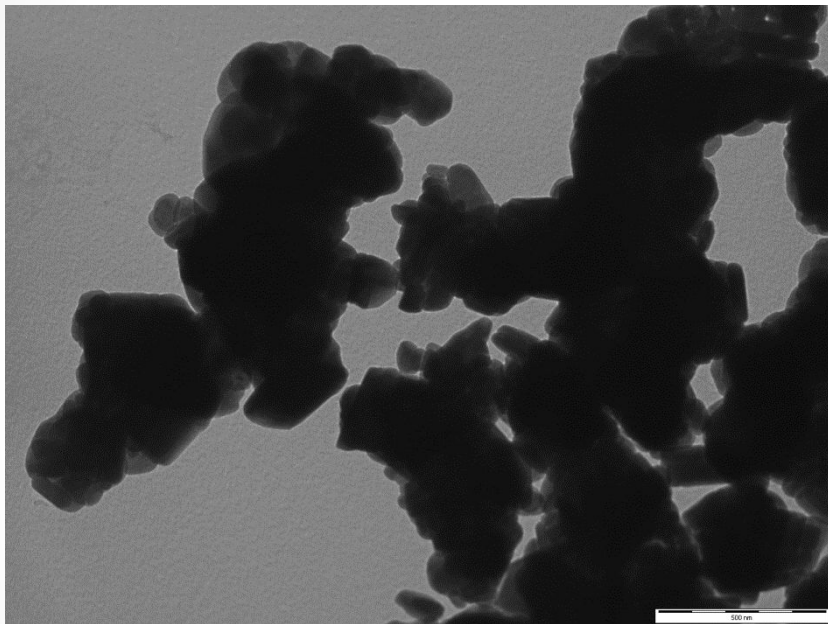
Кривые ДСК полученные для порошка, приготовленного ИЛА Си в воздухе



Кривые ДСК полученные для порошка, приготовленного ИЛА Си в CO₂

XV Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых
«Перспективы развития фундаментальных наук»

TEM



ПЭМ изображения НЧ, полученных лазерной абляцией меди в воздухе, исходный (слева) и прокаленный при 260 °С (справа)