

УДК 539.216:546.881

ИЗУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУР МОЛИБДЕНА И ЕГО ОКСИДОВ

¹*Зарифов Шухрат Собиржон угли, ассистент. Университет экономики и педагогики, Карши, Узбекистан.*

STUDY OF NANOSTRUCTURES OF MOLYBDENUM AND ITS OXIDES

¹*Zarifov Shukhrat Sobirzhon ugli, assistant. University of Economics and Pedagogy, Karshi, Uzbekistan.*

АННОТАЦИЯ

В работе представлены результаты анализа методов синтеза и исследования наноструктур молибдена и его оксидов (MoO_3 и MoO_2). Рассмотрены особенности их кристаллической структуры, морфологии и электрических свойств.

Проведено сравнение методов получения и областей практического применения. Показано влияние размерного фактора на ширину запрещенной зоны и каталитическую активность материалов.

ABSTRACT

This paper presents the results of an analysis of the synthesis methods and characterization of nanostructures of molybdenum and its oxides (MoO_3 and MoO_2). Features of their crystal structure, morphology, and electrical properties are discussed.

A comparison of the preparation methods and practical applications is provided. The influence of the size factor on the band gap and catalytic activity of the materials is demonstrated.

Ключевые слова: *молибден, оксид молибдена, наноструктура, синтез, морфология, рентгенофазовый анализ, фотокатализ, кристаллическая структура.*

Key words: *molybdenum, molybdenum oxide, nanostructure, synthesis, morphology, X-ray phase analysis, photocatalysis, crystal structure.*

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие нанотехнологий обуславливает необходимость исследования переходных металлов и их соединений в наноразмерном состоянии. Молибден и его оксиды обладают высокой термической

устойчивостью, химической стабильностью и выраженными полупроводниковыми свойствами.

Уменьшение размеров частиц до нанометрового диапазона приводит к изменению электронной структуры и росту удельной поверхности, что существенно влияет на функциональные характеристики материала.

1. Физико-химические свойства молибдена и его оксидов

Молибден относится к VI группе периодической системы и характеризуется высокой механической прочностью и коррозионной стойкостью. В наноразмерном состоянии он демонстрирует повышенную реакционную способность.

MoO₃ является широкозонным полупроводником ($E_g \approx 3,0-3,2$ эВ) со слоистой орторомбической кристаллической структурой. Он проявляет выраженные электрохромные и фотокаталитические свойства.

MoO₂ обладает металлическим типом проводимости и используется в электрохимических системах. Его структура обеспечивает высокую стабильность при циклических нагрузках.

Ниже в табл.1, приведены основные физико-химические характеристики оксидов молибдена.

Таблица.1

Основные физико-химические характеристики оксидов молибдена

Параметр	MoO ₃	MoO ₂
Кристаллическая система	Орторомбическая	Моноклинная
Ширина запрещенной зоны, эВ	3,0–3,2	0,8–1,0
Тип проводимости	Полупроводник	Металлоподобный
Основные области применения	Сенсоры, фотокатализ	Электрохимия

2. Материалы и методы исследования

К основным методам получения наноструктур относятся:

- Гидротермальный метод — формирование наностержней, наночастиц при контролируемых температуре и давлении.
- Сол-гель технология — получение тонких плёнок и пористых структур.
- Химическое осаждение из газовой фазы (CVD) — синтез высококачественных наноплёнок.

- Электрохимическое осаждение — формирование нанопористых оксидных покрытий.
- Термическое окисление металлического молибдена — получение оксидных слоёв различной толщины.

Выбор метода определяет морфологию, размер частиц и дефектность структуры.

Фазовый состав определялся методом рентгеновской дифракции (XRD). Морфология поверхности исследовалась с использованием сканирующей электронной микроскопии (SEM). Оптические свойства анализировались методом UV-Vis спектроскопии.

3. Результаты и их обсуждение

В результате синтеза получены наночастицы размером 40–120 нм. Установлено, что уменьшение среднего размера кристаллитов приводит к увеличению ширины запрещенной зоны MoO_3 с 3,0 до 3,2 эВ.

Следовательно, в табл.2, приведены сравнительный анализ методов синтеза наноструктур оксидов молибдена.

Таблица.2

Сравнение методов синтеза наноструктур

Метод	Температура, °С	Преимущества	Недостатки
Гидротермальный	150–220	Контроль морфологии	Длительность процесса
Сол-гель	20–80	Однородность пленок	Необходимость термообработки
CVD	400–700	Высокая чистота	Сложность оборудования

В таблице 3 представлена оптические свойства молибдена и оксидов молибдена. При этом ширина запрещённой зоны определялась методом Така и наблюдается увеличение E_g при уменьшении размера частиц вследствие квантово-размерного эффекта.

Таблица.3

Зависимость ширины запрещённой зоны от размера частиц

Размер, нм	E_g (эВ)
------------	------------

>1000	3,0
80	3,1
20–40	3,2

Заключение

Показано, что наноструктурирование молибдена и его оксидов существенно изменяет их физико-химические свойства. Выбор метода синтеза определяет морфологию и функциональные характеристики материала.

Полученные результаты подтверждают перспективность использования оксидов молибдена в энергетике, сенсорике и каталитических системах.

Дальнейшие исследования направлены на создание композитных систем, повышение стабильности и управление электронными характеристиками материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Klabunde K. J., Richards R. M. Nanoscale Materials in Chemistry. Wiley, 2009.
2. Rao C. N. R., Müller A., Cheetham A. K. The Chemistry of Nanomaterials. Wiley-VCH, 2004.
3. Wang L. et al. Synthesis and characterization of MoO₃ nanostructures for gas sensing applications. Sensors and Actuators B, 2010, vol. 150, pp. 708–714.
4. Li X. et al. MoO₂ nanomaterials for electrochemical energy storage. Journal of Power Sources, 2014, vol. 247, pp. 57–69.