

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ  
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ  
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»  
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

# ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

---

---

## ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

---

---

## CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК  
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

**2 (66)**

АПРЕЛЬ – ИЮНЬ 2019 г.  
ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА  
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ  
2019

М. Ә. ДӘУРЕНБЕК<sup>1</sup>, А. К. МАЖИБАЕВ<sup>2</sup>, Р. К. НАДИРОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Таразский государственный университет им. М. Х. Дулати, Тараз, Республика Казахстан,

<sup>2</sup>Таразский государственный педагогический университет, Тараз, Республика Казахстан,

<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МИКРОМОРФОЛОГИИ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ С СЕРОСОДЕРЖАЩИМ ПРЕКУРСОРОМ КАК БАЗИС ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ СИНТЕЗА НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Аннотация.** Исследование микроструктуры и микроморфологии комплексных сульфидных соединений металлов на сегодняшний день имеет важное прикладное значение, в частности, для поиска материалов альтернативных источников энергии.

Приведены снимки микроструктуры и микроморфологии комплексных соединений металлов с серосодержащим прекурсором, полученных на растровом электронном микроскопе (РЭМ). Установлено, что в процессе термического разложения прекурсорсодержащих комплексов металлов происходят весьма различные изменения в структуре материалов образцов по сравнению с первоначальными соединениями. В частности, снимки отражают ламинарную микроструктуру (для серосодержащего комплекса меди), свойственную аморфным телам, матричную структуру (для первоначального прекурсорсодержащего состава комплекса серебра), характерную для менее плотных соединений и т.д. Микроморфология в структуре образцов позволяет утверждать, что внешние физико-химические факторы оказывают влияние на структурообразование материалов и их поверхностей, что, в свою очередь, приводит к возникновению и улучшению их физико-химических (в частности, полупроводниковых) свойств.

**Ключевые слова:** термолиз, микроструктура, микроморфология, серосодержащий прекурсор, физико-химические свойства

**Введение.** Процесс термического разложения серосодержащих комплексов тесно связан с изменением и перестройкой поверхности вещества. В процессе термолиза преимущественно происходят процессы образования новых фаз с совершенно иной морфологией, чем исходные комплексы [1-4]. В связи с этим получены растровые электронно-микроскопические изображения (РЭМ) исходных серосодержащих комплексов в твердом состоянии и продуктов их термолиза на стадии деструкции координированных молекул лиганда.

Следует отметить, что метод РЭМ дает ценную информацию о количественной оценке шероховатости поверхности образцов с помощью специальных профилограмм, основанных на измерении тока отраженных электронов. Кроме этого, РЭМ позволяет изучать влияние фазовых выделений

на механизмы разрушения образцов, исследовать связь микротопографии изломов образцов с исходной структурой для выявления мест предпочтительного зарождения новых фаз, изучать морфологию фазовых составляющих и их объемную конфигурацию. Наконец, изучение микроструктуры продуктов термолиза позволяет получить дополнительную информацию для объяснения полупроводниковых свойств образующихся сульфидов и оксидов.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе использовали кристаллический 2,3-димеркаптопропансульфонат натрия одноводный  $C_3H_7S_3O_3Na \cdot H_2O$  марки «х.ч.», а также кристаллические соли металлов:  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ,  $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ ,  $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $AgNO_3$  марки «х.ч.». Все вещества использовались без предварительной очистки.

Синтез твердых комплексных соединений осуществляется различными методами, которые обычно подбираются для каждого конкретного случая. Сульфоновая группа серосодержащего соединения сообщает его комплексам с металлами хорошую растворимость в воде, однако металлопроизводные серосодержащего соединения значительно хуже растворяются в некоторых органических растворителях, в частности в этиловом спирте. Выделение комплексных соединений осуществлялось путем добавления спирта к водным растворам комплексов, полученных при смешивании исходных компонентов.

Предпринята попытка выделить серосодержащие комплексы металлов по аналогичной методике. При выборе соотношения исходных компонентов руководствовались литературными данными о составе образующихся комплексов [5, 6]. Оптимальные условия выделения каждого из указанных комплексов, методика синтеза применительно к каждому случаю приводятся ниже.

Серосодержащий комплекс меди (II). 8,351 г серосодержащего соединения  $C_3H_7S_3O_3Na \cdot H_2O$  марки «х.ч.» растворяли в 30 мл дистиллированной воды. Затем 5,485 г  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  растворили в небольшом количестве воды, раствор сульфата меди добавили к водному раствору прекурсорсодержащего соединения. Раствор подкислили прибавлением нескольких капель 2 Н соляной кислоты до  $pH \approx 6$ , затем приливали к 150 мл 96 % раствора этилового спирта. Сразу же выпадал осадок грязно-зеленого цвета, который отфильтровывали, промывали этанолом, эфиром и сушили сначала при комнатной температуре, а затем в сушильном шкафу при  $80^\circ C$  до постоянной массы. Полученное соединение растворяется в воде, нерастворимо в спирте, бензоле, ацетоне. При нагревании разлагается, не плавясь, при температуре около  $140^\circ C$ .

Общая схема формирования серосодержащего комплексного соединения меди с последующим термическим разложением и получением устойчивого вещества сульфида меди представлена на рисунках 1–3.

## Исходный раствор

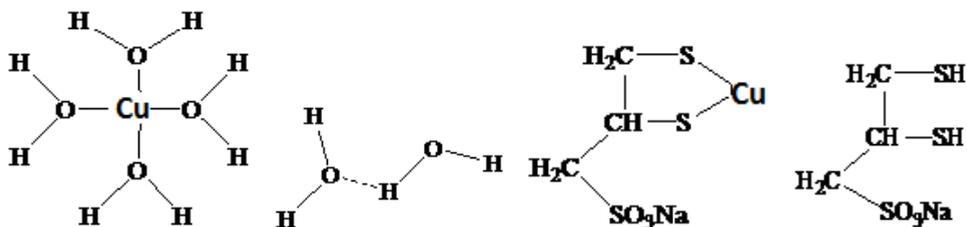


Рисунок 1 – Формирование серосодержащего координационного соединения меди



Структурная формула серосодержащего комплекса меди, образованного в ходе синтеза, представлена на рисунке 2.

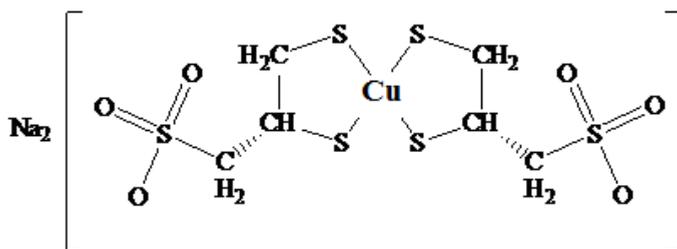
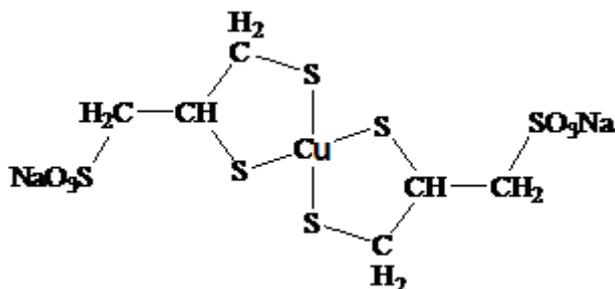


Рисунок 2 – Комплексное соединение меди



На рисунке 3 показана схема термического разложения серосодержащего комплекса меди с образованием устойчивого вещества сульфида меди.

## Испарение растворителя



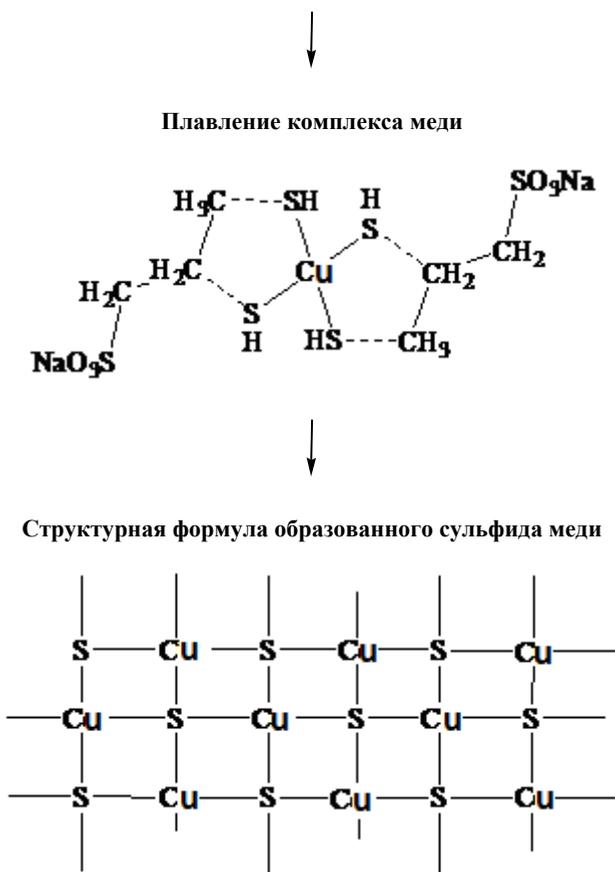


Рисунок 3 – Термическое разложение серосодержащего комплекса меди с образованием сульфида меди

Образование серосодержащих комплексных соединений свинца, никеля и серебра, а также механизм их термического разложения с получением устойчивых соединений сульфидов металлов происходит по аналогичной схеме.

Считается, что термодеструкция прекурсорсодержащих комплексов металлов происходит за счет термического возбуждения связи C-S в координированной молекуле серосодержащего соединения [7].

Для исходного серосодержащего комплекса меди наблюдается высокоориентированная ламинарная микроструктура, характерная для аморфных тел и связанная с близким расположением волнообразных микроагрегатов (рисунок 4). Материалы с такой микроструктурой обладают большой плотностью и высокой прочностью, что обусловлено присутствием в них весьма прочных фазовых контактов кристаллизационной природы.

На электронно-микроскопической фотографии визуализированы неоднородности с характерными агрегатами размером 5-10 мкм. Следует отметить, что электронно-микроскопические изображения аморфных структур имеют слабый контраст и на них сложно выделить какие-либо объекты, так как между неоднородностями отсутствуют резкие границы. Поэтому для всех исходных комплексов их микроструктуры имеют свилеобразный характер.

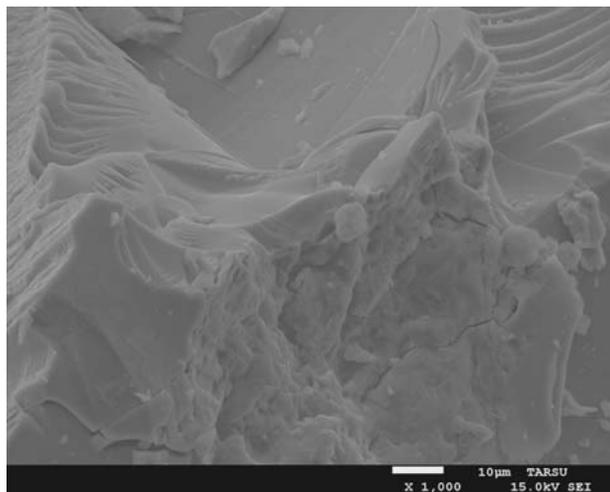


Рисунок 4 – Электронная микрофотография первоначального комплексного соединения меди

Данные электронной микроскопии для серосодержащего комплекса меди, выдержанного при 710 К, свидетельствуют о том, что изменение химического состава образцов в результате термолиза сопровождается существенным изменением микроморфологии (рисунок 5). Для образца наблюдается только уменьшение индивидуальных частиц и образование более плотных агрегатов по сравнению с исходным порошком, а также заметное число достаточно крупных агрегатов пластинчатой формы размером до 1-2 мкм. Особенностью микроморфологии образца является равномерное распределение округленных и сильно анизотропных частиц пластинчатой формы. Близость характерных диаметров частиц и их структура позволяют сделать вывод о том, что образующиеся в течение первых 3-5 мин синтеза полусферы выступают в роли первичных частиц, из которых затем растут более крупные частицы сульфидов меди [8].

*Серосодержащий комплекс свинца (II).* 5,49 г серосодержащего соединения  $C_3H_7S_3O_3Na \cdot H_2O$  растворяли в небольшом количестве воды (30 мл). Затем 9,131 г  $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  растворяли в 20 мл дистиллированной воды. После этого водный раствор ацетата свинца приливали к раствору прекурсора серосодержащего соединения. К раствору добавляли несколько капель

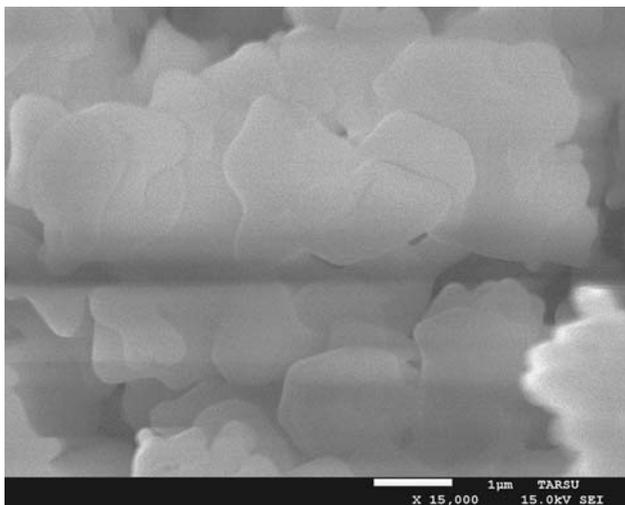


Рисунок 5 – Электронная микрофотография комплексного соединения меди, прокалённого при 710 К

едкого натра до щелочной реакции ( $\text{pH} \approx 8$ ). Полученный раствор добавили к 150 мл 96 % раствора этилового спирта. Сразу образовывался объемистый осадок желтого цвета, который отфильтровывали, промывали этанолом, эфиром и сушили первоначально в эксикаторе над хлористым кальцием, затем в сушильном шкафу при температуре 100 °С до постоянной массы.

Электронная микрофотография исходного прекурсорсодержащего комплекса свинца представлена на рисунке 6.

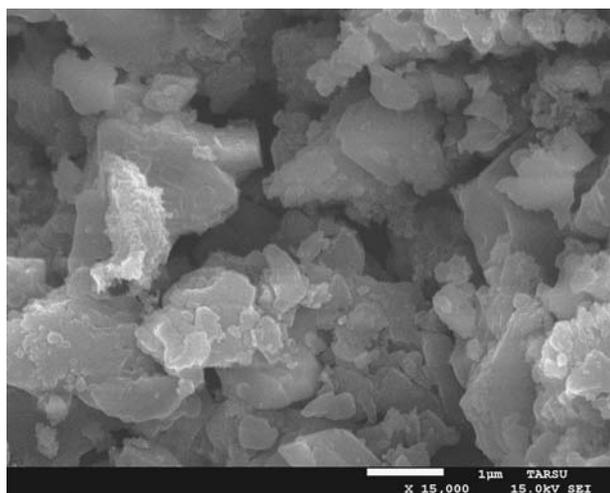


Рисунок 6 – Электронная микрофотография первоначального комплексного соединения свинца

Исходный комплекс свинца представляет собой однородный материал. Однако частицы отдельных фаз не удалось распознать на мембране. Размер отдельных агрегатов достигает 3-4 мкм. Из рисунка 6 видно, что в исходном комплексе свинца содержатся отдельные микровключения пластинчатой формы, что может быть обусловлено присутствием небольшого количества исходной соли ацетата свинца, использованного при синтезе.

На рисунке 7 представлена электронная микрофотография прекурсорсодержащего соединения свинца, при температуре 710 К. Зерна сульфида свинца на начальной стадии процесса осаждения состоят из кристаллитов с более или менее четкой кубической огранкой, размером около 10 мкм. Преимущественной текстуры пленок не обнаружено. Как показывает анализ микрофотографии, для данного образца отсутствуют микровключения.

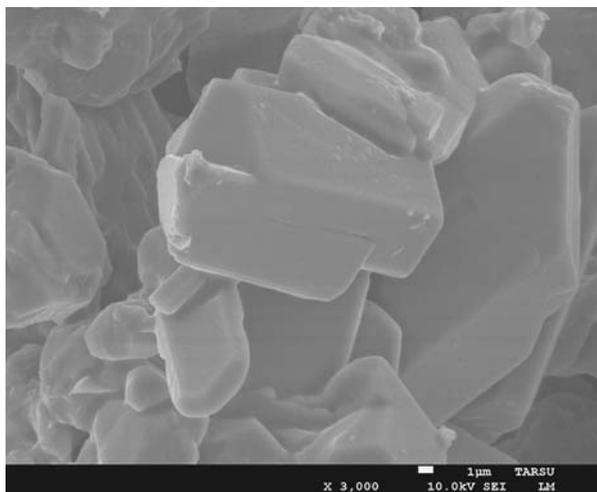


Рисунок 7 – Электронная микрофотография комплексного соединения свинца после прокаливания

*Серосодержащий комплекс никеля (II).* 9,667 г серосодержащего соединения  $C_3H_7S_3O_3Na \cdot H_2O$  растворяли в небольшом количестве воды (30 мл). 5,918 г  $NiSO_4 \cdot 7H_2O$  растворили в 15 мл дистиллированной воды. Затем раствор соли никеля прилили к раствору прекурсорсодержащего соединения, добавляли несколько капель 3 N едкого натра. Полученный раствор добавили к 150 мл 96 % раствора этилового спирта. Сразу же выпадал темно-коричневый осадок, который отфильтровывали, промывали этанолом, эфиром и сушили первоначально в эксикаторе над хлористым кальцием, затем в сушильном шкафу при температуре 90 °С до постоянной массы.

Для серосодержащего соединения никеля, прокаленного при 770 К, характерна скелетная микропористая структура (рисунок 8). В связи с тем, что образующийся в ходе термолитиза дисульфид никеля  $NiS_2$  (ваэсит) обладает ярко выраженными полупроводниковыми свойствами, в этом случае одним

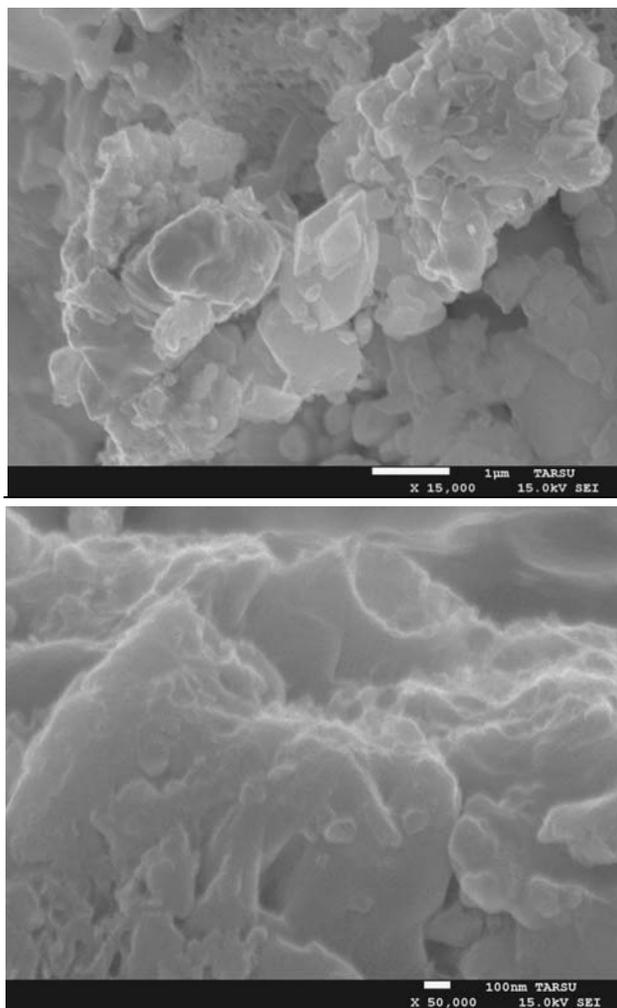


Рисунок 8 – Электронная микрофотография серосодержащего соединения никеля после прокаливания: а –  $\times 15000$ ; б –  $\times 50000$

из возможных объяснений появления этих свойств является возникновение в микроструктуре ваэсита микропор скелетного типа [8, с. 58].

Данные электронной микроскопии подтверждают внедрение частиц  $\text{NiS}_2$  в скелетно-пористую структуру и указывает на частичное разрушение упорядоченных массивов пор на краях образца, что связано с интеркаляцией частиц, немного превышающих по размеру диаметр пор (рисунок 8а). При увеличении изображения до 50000 раз отдельные поры визуализируются достаточно четко (рисунок 8б). Формирование  $\text{NiS}_2$  со структурой ваэсита протекает при повышенной температуре и, по-видимому, возникновение полупроводниковых свойств у сульфида никеля связано именно со скелетно-пористой структурой этой фазы [9, 10].

*Серосодержащий комплекс серебра (I).* 7,238 г серосодержащего соединения  $C_3H_7S_3O_3Na \cdot H_2O$  растворяли в 30 мл дистиллированной воды. Затем 5,365 г  $AgNO_3$  растворили в небольшом количестве воды. После этого раствор нитрата серебра приливали к водному раствору прекурсорсодержащего соединения. При непрерывном перемешивании к раствору прибавляли несколько капель 3 Н едкого натра. При осторожном встряхивании раствор окрашивался в желтый цвет. Полученный раствор добавили к 150 мл 96 % раствора этилового спирта. Сразу выпадал осадок желтого цвета, который отфильтровывали, промывали этанолом, эфиром и сушили первоначально в эксикаторе, затем в сушильном шкафу при температуре 90 °С до постоянной массы. Полученное соединение растворяется в воде, нерастворимо в спирте, бензоле, ацетоне. При нагревании разлагается, не плавясь, при температуре около 210 °С.

Для исходного прекурсорсодержащего состава комплекса серебра присуща менее плотная, по сравнению с комплексом меди, матричная микроструктура, которая характеризуется присутствием сплошной неориентированной матрицы, где наблюдаются зерна, не контактирующие между собой (рисунок 9). Возможно, что подобная текстура образца серосодержащего комплекса серебра, выдержанного при 710 К, связана с процессами плавления фаз, образующихся в процессе термоллиза, на данной стадии разложения.

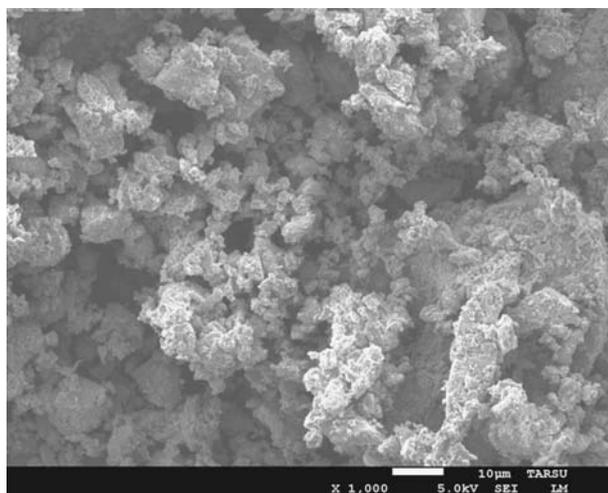


Рисунок 9 – Электронная микрофотография первоначального прекурсорсодержащего комплекса серебра

Образец прекурсорсодержащего соединения комплекса серебра при температуре 710 К обладает слоистой структурой с плохо сформированными межзёрнными границами (рисунок 10). По-видимому, образование межзёрнных слоёв происходит вследствие высокой температуры, которая в

конечном итоге должна привести к полному разрушению образца. Иными словами, находясь в условиях высокой температуры, частицы отдельных фаз свариваются друг с другом по контактирующим внешним поверхностям. На рисунке 10 видны фрагменты отдельных фаз, однако к каким именно веществам они принадлежат, установить не удалось. Слои осаждающегося сульфида серебра  $\text{Ag}_2\text{S}$  являются поликристаллическими и состоят из кристаллитов преимущественно неправильной формы.

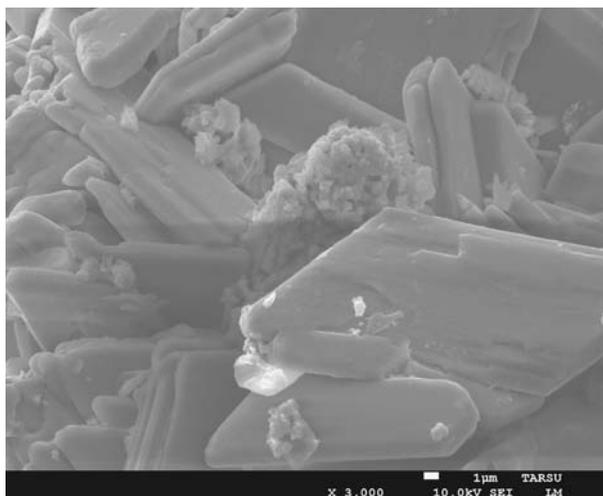


Рисунок 10 – Электронная микрофотография прекурсорсодержащего комплекса серебра, выдержанного при 710 К

Для исследования микроструктуры материалов образцов и изучения распределения элементов методом электронно-зондового рентгеноспектрального микроанализа применялся растровый электронный микроскоп JSM - 7500F (Jeol, Япония).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Более детально проверить при помощи микроструктурных исследований предположение о разном соотношении сосуществующих фаз после каждого процесса нагревания и охлаждения оказалось невозможным. Это обусловлено тем, что при подготовке образца к РЭМ его необходимо извлекать из кварцевой ампулы, готовить шлиф, фотографировать микроструктуру, а затем снова помещать образец в кварцевую ампулу, эвакуировать ее и проводить процесс повторного нагревания и охлаждения. При этом операцию исследования микроструктуры необходимо повторять. Все это уже само по себе вызывает невозможность полученных результатов, поскольку при повторном определении микроструктуры невозможно исследовать один и тот же участок образца. Поэтому полученные экспериментальные результаты по исследованию микроструктуры исходных и

прокаленных комплексов носят промежуточный характер, и служат дополнением к сведениям, полученным при помощи других методов.

Однако, в целом можно утверждать, что микроструктура отражает влияние различных физико-химических факторов на процессы структурообразования. Следовательно, микроструктура является своеобразной "фотографией" тех условий, в которых сформировалось данное вещество. В ней за счет специфического сочетания различных морфометрических (размер, форма, характер поверхности структурных элементов, их количественное соотношение), геометрических (пространственное расположение структурных элементов) и энергетических (структурные связи) признаков как бы заложена информация о прочности и деформационном поведении вещества, о возможном характере изменения под действием тех или иных условий.

**Заключение.** Таким образом, решая обратную задачу и количественно определяя соответствующие микроструктурные параметры, можно дать достоверный прогноз их изменения при различных воздействиях. Подобная информация чрезвычайно важна при поиске научно-обоснованных методов получения новых, в частности, полупроводниковых материалов на основе сульфидов переходных металлов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бачериков Ю.Ю., Корсунская Н.Е., Кладько В.П., Венгер Е.Ф., Баран Н.П., Кучук А.В., Жук А.Г. Структурные превращения в ZnS : Cu в процессе термического отжига // Физика и техника полупроводников. – 2012. – № 46. – С. 198-203.
- [2] Исмаилов Д.И., Алиева М.В., Алекперов Э.Ш., Алиев Ф.И. Электронографическое исследование многоструктурности аморфных плёнок полиморфного TlInS<sub>2</sub> // Физика и техника полупроводников. – 2003. – № 37. – С. 772-775.
- [3] Вайполин А.А., Николаев Ю.А., Рудь В.Ю. Рудь Ю.В. Теруков Е.И., Fernelius N. Создание и свойства фоточувствительных структур на монокристаллах ZnIn<sub>2</sub>S<sub>4</sub> // Физика и техника полупроводников. – 2003. – № 37. – С. 187-191.
- [4] Корсунская Н.Е., Бачериков Ю.Ю., Стара Т.Р., Кладько В.П., Баран Ю.О., Полищук А.В., Кучук А.В., Жук А.Г., Венгер Е.Ф. Особенности легирования порошкообразного ZnS примесью Mn в процессе синтеза и последующего отжига // Физика и техника полупроводников. – 2013. – № 47. – С. 702-709.
- [5] Сугурбекова Г.К. Синтез и свойства некоторых физико-химических свойств унитиолатных комплексов кобальта: Дис. ... канд. хим. наук. Алма-Ата: КазНУ, 1989. С. 101.
- [6] Харитонов Ю.Я., Шолтырова У.И., Оспанов Х.К. Тезисы докладов XII Всесоюзного совещания по химии комплексных соединений. – М.: Наука, 1978. – 414 с.
- [7] Мажобаев А.К., Надилов Р.К., Кудайбергенова Р.М. Осаждение фоточувствительных плёнок CdS из унитиолатных координационных соединений // Промышленность Казахстана. – 2012. – № 5. – С. 74-77.
- [8] Мажобаев А.К. Исследование микроструктуры и микроморфологии унитиолатных комплексов некоторых металлов и продуктов их термолиты // Пищевая технология и сервис. – 2010. – № 1. – С. 57-58.
- [9] Сергеева Н.Е. Введение в электронную микроскопию минералов. – М.: МГУ, 1987. – 144 с.
- [10] Гоулдстейн Дж., Якович Х. Практическая растровая электронная микроскопия. – М.: Мир, 1978. – 656 с.

REFERENCES

- [1] Bacherikov Yu.Yu., Korsunskaya N.E., Kladko V.P., Venger E.F., Baran N.P., Kuchuk A.V., Zhuk A.G. Strukturnye prevrashcheniya v ZnS : Cu v protsesse termicheskogo otzhiga // Fizika i tehnika poluprovodnikov. 2012. 46. P. 198-203.
- [2] Ismailov D.I., Alieva M.V., Alekperov E.Sh., Aliev F.I. Elektronograficheskoe issledovanie mnogostrukturnosti amorfnyh plenok polimorfnoho  $\text{TiInS}_2$  // Fizika i tehnika poluprovodnikov. 2012. 37. P. 772-775.
- [3] Vayipolin A.A., Nikolaev Yu.A., Rud V.Yu., Rud Yu.V., Terukov E.I., Fernelius N. Sozdanie i svoystva fotochuvstvitelnyh struktur na monokristallah  $\text{ZnIn}_2\text{S}_4$  // Fizika i tehnika poluprovodnikov. 2003. 37. P. 187-191.
- [4] Korsunskaya N.E., Bacherikov Yu.Yu., Stara T.P., Kladko V.P., Baran N.P. Polishchuk A.V., Kuchuk A.V. Zhuk A.G., Venger E.F. Osobennosti legirovaniya poroshkoobraznogo ZnS primesyu Mn v protsesse sinteza i posleduyushchego otzhiga // Fizika i tehnika poluprovodnikov. 2013. 47. P. 702-709.
- [5] Sugurbekova G.K. Sintez i svoystva nekotoryh fiziko-chimicheskikh svoystv unitiolatnyh svoystv kobalta: Dis. ... kand. chim. nauk. Alma-Ata: KazNU, 1989. P. 101.
- [6] Haritonov Yu.Ya., Sholtyrova U.I., Ospanov H.K. Tezisy dokladov XII Vsesoyuznogo soveshchaniya po khimii kompleksnyh soedineniyi. M.: Nauka, 1978. 414 p.
- [7] Mazhibaev A.K., Nadirov R.K., Kudaibergenova R.M. Osazhdenie fotochuvstvitelnyh plenok CdS iz unitiolatnyh koordinatsionnyh soedineniyi // Promyshlennost Kazahstana. 2012. N 5. P. 74-77.
- [8] Mazhibaev A.K. Issledovanie mikrostruktury i mikromorfologii unitiolatnyh kompleksov nekotoryh metallov i produktov ih termoliza // Pishchevaya tehnologiya i servis. 2010. 1. P. 57-58.
- [9] Sergeeva N.E. Vvedenie v elektronnyu mikroskopiyu mineralov. M.: MGU, 1987. 144 p.
- [10] Gouldsteyin Dj., Yakovits H. Prakticheskaya rastrovaya elektronnyaya mikroskopiya. M.: Mir, 1978. 656 p.

Резюме

*М. Ә. Дәуренбек, А. К. Мажипаев, Р. К. Надиров*

ЖАҢА МАТЕРИАЛДАРДЫ СИНТЕЗДЕУДІҢ ОҢТАЙЛЫ ӘДІСТЕРІН  
ТАҢДАУ НЕГІЗІ РЕТІНДЕ ҚҰРАМЫНДА КҮКІРТТІ ПРЕКУРСОР  
БАР МЕТАЛДАРДЫҢ КООРДИНАЦИЯЛЫҚ ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ  
МИКРОҚҰРЫЛЫМЫ МЕН МИКРОМОРФОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Металдардың кешенді сульфидті қосылыстарының микроқұрылымы мен микроморфологиясын зерттеу бүгінгі таңда, әсіресе, энергияның балама көздері үшін материалдар іздеуде маңызды мәнге ие.

Растрлы электронды микроскопта (РЭМ) алынған күкіртті прекурсорлы металдардың кешенді қосылыстарының микроқұрылымы мен микроморфологиясының кескіндері келтірілді. Металдардың прекурсорлы кешендерінің термиялық ыдырау процесі кезінде бастапқы қосылыстармен салыстырғанда үлгілердің материалдарының құрылымында өте айқын өзгерістер жүреді. Атап айтқанда, кескіндер аморфты денелерге тән ламинарлы микроқұрылымды (күкіртті мыс кешені үшін), тығыздығы төменірек қосылыстарға тән матрицалық құрылымды (күміс кешенінің бастапқы прекурсорлы құрамы үшін) және т.б. көрсетеді. Үлгілердің құрылымында орын алған микроморфология өз кезегінде сыртқы физика-химиялық факторлар материалдардың және олардың беттерінің (атап айтқанда, жартылай өткізгіштердің)

физика-химиялық қасиеттерінің туындауына және жақсаруына әкелетін құрылым түзілуіне ықпал етеді деп бекітуге мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** термоллиз, микроқұрылым, микроморфология, күкіртті прекурсор, физика-химиялық қасиеттер.

### Summary

*M. A. Daurenbek, A. K. Mazhibayev, R. K. Nadirov*

#### COORDINATION METALS COMPOUNDS MICROSTRUCTURE AND MICROMORFOLOGY INVESTIGATION INCLUDING A SULFUR – CONTAINING PRECURSOR AS A BASIS FOR CHOOSING THE BEST METHODS FOR THE SYNTHESIS OF NEW MATERIALS

Present days it is a great practical importanceto study of the complex sulfide compounds of metals microstructure and micromorphology particularly in the research of materials for alternative energy sources.

The complex metal compoundsmicrostructure and micromorphology including a sulfur-containing precursor are shown on the images obtained by scanning electron microscope (SEM). It was defined that there are distinct changes occur in the structure of the materials samples in compare with the original compounds, during the process of thermal decomposition of precursor-containing metal complexes. In particular, the images reflect the laminar microstructure (for a sulfur-containing copper complex), characterising amorphous bodies, the matrix structure (for the initial precursor-containing composition of the silver complex), characterising less dense compounds, etc. The micromorphology occurred in the structure of the samples suggests that external physicochemical factors influence the materials formation structure and their surfaces, which, in turn, leads to the emergence and improvement of their physicochemical (in particular, semiconductor) properties.

**Key words:** thermolysis, microstructure, micromorphology, sulfur-containing precursor, physical and chemical properties.