

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию в виде научного доклада Коха К.А. «Развитие методов синтеза и роста монокристаллов халькогенидов для решения задач в экспериментальной минералогии и получения функциональных кристаллических материалов», представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – «минералогия, кристаллография».

Актуальность избранной темы.

Современные геолого-минералогические науки, получившие в свое распоряжение мощнейшие аналитические методы, все больше отдаляются от реальности, поскольку пренебрегают строгими физико-химическими подходами к природным наблюдениям и фактам. В этой связи каждая экспериментальная работа, пусть даже не направленная исключительно на решение определенной геологической или минералогической проблемы, заслуживает повышенного внимания. Неклассическая работа К.А.Коха в виде научного доклада относится как раз к такому типу. Ее необычность (равно как и актуальность) состоит в некотором расщеплении устоявшегося научного сознания, когда знания в разных областях переплетаются, и не всегда можно предугадать, что окажется важным и в какой области знания. Рост кристаллов – та сфера, которая полностью соответствует этой ситуации. Управляющие ростом механизмы во многом определяют как геохимические (состав, распределение примесей), так и технические особенности и свойства кристаллов. Это показано на конкретных примерах, приведенных в рецензируемой диссертации, представленной в форме научного доклада.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обосновываются, главным образом, экспериментальными наблюдениями и современными, высокоточными методами анализа продуктов и исследования физических свойств полученных кристаллических материалов.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность основных результатов достигается совокупностью хорошо продуманных и грамотно подготовленных экспериментов и надежными и информативными методами исследования продуктов синтеза. В работе представлен ряд новых технических решений: оригинальное приспособление для пассивации внутренней поверхности кварцевых ампул покрытием из пироуглерода; модификация классического метода выращивания по Бриджмену для более эффективного перемешивания расплава и формирования однородного слитка; простая и эффективная установка для напыления пленок относительно летучих халькогени-

дов (Bi_2Se_3) на подложку. Оригинальна методика своеобразного “самодопирования” путем естественного обогащения тем или иным компонентом при росте кристалла и формирования в Bi_2Te_3 локализованного p-n перехода. Синтезированы халькогениды Ag и Au, а также новые минералоподобные фазы халькогенидов золота. Следует также отметить мало отраженные в докладе, но важные для понимания благороднометалльного рудообразования сведения о вхождении Au и Ag в сульфидные минералы (пирит, пирротин, троилит).

Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

Отличительной особенностью работы К.А.Коха является доведение результатов по синтезу и модификации кристаллов до уровня управления их физическими свойствами в целях практического использования в сферах высоких технологий. Это редко присутствует в работах геолого-минералогического профиля, но в контексте обсуждаемой работы выглядит вполне органично. Ведь речь идет, по большей части, не о новых материалах, а о достаточно известных (GaS, GaSe, халькогениды Bi), для которых автор находит пути улучшения характеристик и ростовых схем кристаллизации. Однако, в работе имеется и информация по синтезу новых минералоподобных фаз (система Au-Te-Se-S), а также редких в природе сульфидов и селенидов Au и Ag (подтверждено соответствующим патентом).

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Разработанные методы предоставляют возможность синтеза широкого класса монокристаллов, перспективных для применения в высокотехнологичных областях. Полученные кристаллические материалы открывают новые возможности в использовании терагерцового излучения, преодоления так называемой «терагерцовой ямы», технологии генерации, передачи и приема высокочастотного излучения, что важно для целого ряда областей современной технологии, поскольку соответствующие устройства перспективны для применения в медицине, системах безопасности, экологическом мониторинге, контроле качества продуктов и лекарств, высокоскоростной связи, в том числе – военного назначения. Эти результаты, как и полученные новые данные по халькогенидным топологическим изоляторам, привлекают широкое внимание, о чем свидетельствуют совместные работы автора и сотрудников известных физических и материаловедческих центров (ИОФ РАН, г. Москва, ИФП СО РАН, ИНХ СО РАН, г. Новосибирск, Российский квантовый центр, Сколково, Синхротронный центр Университета Хиросимы, Япония, Центр энергетических исследований АН Венгрии, Будапешт и т.д.). Условия и факторы образования халькогенидов благородных металлов (Au, Ag) имеют значение для разработки рациональных схем извлечения этих металлов из руд золото-серебряных месторождений. В таких результатах заинтересованы учреждения, где проводятся работы в области теории и практики поисков и разведки рудных полезных иско-

паемых (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск, ИГХ СО РАН, г. Иркутск, ИГЕМ РАН, ЦНИГРИ, г. Москва и др.).

Содержание диссертации, ее завершенность.

Работа состоит из Введения, в котором обосновываются задачи исследований, приводится краткий обзор литературы, рассматривается теоретическая и практическая значимость, используемые методы, основные результаты и выводы, защищаемые положения. Основной раздел «Содержание диссертации» содержит 2 подраздела, которые фактически можно приравнять к методической и результативной главам диссертации. Заключают работу список основных публикаций по теме диссертации, насчитывающий 37 журнальных статей и 2 патента, и список цитированных источников. Работа представляет собой фундаментальный вклад в проблему синтеза кристаллов ряда соединений, перспективных для технического применения и для решения насущных проблем экспериментальной минералогии благородных металлов. Ее завершенность определяется наличием конкретных данных по свойствам синтезированных продуктов и обоснованными выводами о химическом составе и структурах полученных кристаллических фаз, их физических свойствах и характеристиках как представителей функциональных материалов, подтвержденными большим числом публикаций в высоко рейтинговых изданиях.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, мнение о научной работе соискателя в целом.

Доклад написан понятным языком; материал представлен в определенной логической схеме, хотя очевидно некоторое предпочтение автором физических аспектов и приложений по сравнению с минералогическими. По причине вынужденной краткости, ряд моментов остались недостаточно понятными. Конечно, краткость, по Чехову – сестра таланта, но заинтересованному читателю, а тем более эксперту, она усложняет дело. По тексту доклада можно высказать следующие замечания.

- 1) Непонятно (с.19), каким способом диагностировали смесь $As+U_{yt}$ (рис. 5д и е) и на каком основании решили, что это продукт распада “высокотемпературного” (опыт при 450 °С) твердого раствора $(Ag,Au)_2S$, а не прямой синтез при взаимодействии пирита со сплавом $AgAu$.
- 2) Тема политипии $GaSe$ освещена в докладе очень фрагментарно. Известно довольно много гексагональных и ромбоэдрических политипов этого вещества, и применение столь нестандартного метода их диагностики выглядит довольно странным, было бы достаточно простой монокристалльной съемки, которая еще и могла бы выявить беспорядок в наложении слоев.

3) Рекордное расстояние передачи ТГц излучения с использованием GaSe:S,Al впечатляет, но хотелось бы видеть какой-либо прогноз о возможности передачи данных в ТГц – диапазоне и в других приложениях.

4) Интересные данные касаются неокисляемости Bi_2S_3 на воздухе. Однако объяснение эффекта совершенством поверхности кристаллов выглядит (извините за тавтологию) слишком поверхностным. Скорее всего, дело в каком-то особом механизме релаксации и атомной реконструкции поверхности, что могло бы показать более подробное исследование методом СТМ с атомарным разрешением.

5) В тексте доклада далеко не всегда делаются ссылки на собственные работы автора, в которых получены те или иные результаты. Это затрудняет определение вклада соискателя и его роли в исследованиях, представленных в списке основных публикаций.


Сделанные замечания носят дискуссионный либо технический характер и не влияют на оценку работы в целом. Следует особо отметить высокий уровень апробации результатов работы, которые докладывались на многочисленных отечественных и зарубежных конференциях и публиковались преимущественно в журналах с очень высоким рейтингом (первый квартиль в основных мировых базах). Очевидно, без полученных автором высококачественных кристаллов и экспериментальных данных и материалов эти работы не могли быть выполнены. Личный вклад диссертанта в эти результаты неоспорим; он подтверждается и достаточно большим числом публикаций в первом авторстве.

Таким образом, диссертация Константина Александровича Коха является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения и экспериментальные методы, совокупность которых можно квалифицировать как значительное научное достижение в области роста кристаллов и синтеза подобных минералам фаз, представляющих интерес для сферы высоких технологий. Это соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – «минералогия, кристаллография».


Таусон Владимир Львович, доктор химических наук

Главный научный сотрудник ФГБУН Институт геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1А, (3952)429967, vltauson@igc.irk.ru




/В.Л.Таусон/

23 мая 2022 г.

Подпись 
ЗАВЕРЯЮ
Зав. канцелярией
ИГХ СО РАН 