

Отзыв
официального оппонента на диссертационную работу
Антипина Александра Максимовича
«Строение монокристаллов редкоземельных молибдатов $Ln_5Mo_3O_{16+\delta}$ ($Ln=Pr, Nd$),
 Ln_2MoO_6 ($Ln=La, Pr, Nd$) и легированных соединений на их основе»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.18 – Кристаллография, физика кристаллов в диссертационный
совет Д 002.114.01 при ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН

Задачи и результаты диссертационной работы Антипина Александра Максимовича несомненно актуальны. Редкоземельные молибдаты весьма популярны как объекты исследования, с ними также связаны определенные ожидания использования их проводниковых, оптических, сегнетоэлектрических и др. физических свойств. Они могут представлять интерес как новые функциональные материалы, кроме того, их исследование представляет фундаментальный интерес для современного материаловедения и физики твердого тела.

Целью рецензуемой диссертационной работы является исследование атомной структуры монокристаллов двух семейств соединений редкоземельных элементов и их кристаллохимическое описание в контексте наблюдаемых и возможных физических свойств. Особенностью методов исследования является применение наряду с классическим рентгеноструктурным анализом синхротронного излучения, а также использование данных электронной микроскопии, масс спектроскопии и др.

Среди **новых научных результатов**, приведенных в диссертации следует, на мой взгляд, отметить следующее:

- новые структурные результаты для монокристаллов двух семейств соединений $Ln_5Mo_3O_{16+\delta}$ ($Ln=Pr, Nd$), Ln_2MoO_6 ($Ln=La, Pr, Nd$);
- оригинальные результаты по влиянию легирующих примесей Pb, W, V, Ca на особенности атомной структуры $Nd_5Mo_3O_{16+\delta}$;
- новые данные о полиморфных модификациях Ln_2MoO_6 ($Ln=La, Pr, Nd$). Установлена возможность существования при комнатной температуре двух тетрагональных фаз для чистых и легированных магнием оксимолибдатов.

Все значимые научные результаты, приведенные в диссертации, получены с использованием современного высокоточного экспериментального оборудования, специализированного программного обеспечения, опубликованы в ведущих отечественных и международных рецензируемых научных журналах. Автор неоднократно выступал с изложениями результатов на различных тематических научных конференциях. Все это, по нашему мнению, обеспечивает **достоверность** приведенных в диссертации результатов.

Рецензуемая диссертационная работа состоит из Введения, четырех глав, изложения основных результатов и выводов, списка основных публикаций автора по теме работы и списка цитируемой литературы из 106 наименований. Общий объем диссертации 169 страниц.

В обзорной **первой главе** автор приводит имеющиеся на момент написания диссертации сведения об атомном строении и физических свойствах редкоземельных молибдатов.

Во **второй главе** автор подробно описывает экспериментальные методы исследования, на базе которых были получены новые научные результаты, приведенные в диссертации. Еще раз в качестве положительного хочу отметить многообразие современных экспериментальных методов, которые использовал автор, причем из описания видно, что автор принимал личное участие в получении и обработке всех этих различных по методике и по «кухне» экспериментальных результатов. Особо следует

отметить описанную автором модификацию программного обеспечения структурных исследований на дифрактометре HUBER-5042.

В третьей главе приводятся результаты исследования атомной структуры монокристаллов семейства $\text{Pr}_5\text{Mo}_3\text{O}_{16+\delta}$ и $\text{Nd}_5\text{Mo}_3\text{O}_{16+\delta}$. Хочу отметить весьма подробный анализ дифракционных данных и детальный кристаллохимический анализ получившихся структур, в частности, исследование температурной зависимости параметров решетки $\text{Nd}_5\text{Mo}_3\text{O}_{16+\delta}$ в широком интервале температур с целью выявления возможных фазовых переходов.

В четвертой главе приводятся результаты исследования особенностей атомного строения оксимолибдатов Nd_2MoO_6 , Pr_2MoO_6 и La_2MoO_6 . Автор указывает на то, что в литературе описан фазовый переход антисегнетоэлектрического типа в области температур $820\text{-}840^\circ\text{C}$ в кристалле $\text{Nd}_{2-x}\text{Pb}_x\text{MoO}_{6-x/2}$. Автором проведен подробный не только структурный, но и симметрийный анализ фазового перехода в исследуемых кристаллах.

Работа производит впечатление современного добротного и весьма скрупулезного структурного исследования и, я считаю, в этом главное ее достоинство. Этой сверхподробностью, может быть, объясняется впечатление, что автор не всегда четко делает обобщения, их приходится разыскивать в тексте диссертации, хотя это облегчается наличием обобщающих параграфов 3.3 и 4.3.

В целом диссертация написана понятным языком с минимальным количеством грамматических ошибок. Терминология, манера изложения подчеркивают высокую квалификацию автора.

Замечания.

1. Пункт 4 Положений, выносимых на защиту, сформулирован неконкретно. Если речь идет об обнаруженному фазовом переходе, то нужно так и написать, и указать его характеристики, хотя бы температуру и тип, пусть даже предполагаемый. Аналогичное замечание и по пункту 5 Положений.

2. Автор ссылается на литературные данные, что в области температур $950\text{-}1250^\circ\text{C}$ в системах $\text{Ln}_2\text{O}_3\text{-MoO}_3$ происходит целый ряд фазовых превращений с малой скоростью структурных трансформаций. Автор проводит очень подробный анализ атомных структур исследуемых фаз, но в явном виде свои результаты с данным литературным утверждением не сопоставляет. Хотелось бы это услышать.

3. В этой же связи интересно, почему не исследовалась температурная зависимость параметров решетки $\text{Pr}_5\text{Mo}_3\text{O}_{16+\delta}$.

Автор не всегда придерживается общепринятых способов представления экспериментальных результатов, в частности, в некоторых случаях не приводит погрешности измерений приводимых результатов (табл.3, гл2; в тексте величины длин связей довольно часто приводятся без оценки погрешностей).

Сделанные замечания не затрагивают существа и основных результатов рецензируемой работы, которая представляет собой цельное и выполненное на хорошем уровне научное исследование. Хочу отметить также, что работа имеет хорошие перспективы для продолжения.

Таким образом, диссертационная работа Антипина Александра Максимовича «Строение монокристаллов редкоземельных молибдатов $\text{Ln}_5\text{Mo}_3\text{O}_{16+\delta}$ ($\text{Ln}=\text{Pr}, \text{Nd}$), Ln_2MoO_6 ($\text{Ln}=\text{La}, \text{Pr}, \text{Nd}$) и легированных соединений на их основе», представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 – Кристаллография, физика кристаллов, представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Текст работы излагается последовательно, логично, диссертация неплохо иллюстрирована. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Защищаемые положения основаны на результатах

исследований автора. Результаты исследования полностью представлены в публикациях автора.

Представленная диссертационная работа соответствует паспорту специальности 01.04.18 "Кристаллография, физика кристаллов" и полностью удовлетворяет требованиям раздела II "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013, а ее автор, Антипин Александр Максимович, заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.18 (1.3.20) "Кристаллография, физика кристаллов".

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой кристаллографии и
экспериментальной физики федерального
государственного автономного
образовательного учреждения высшего
образования "Национальный
исследовательский Нижегородский
государственный университет им.
Н.И. Лобачевского"
доктор физ.-мат. наук, профессор

Чупрунов Евгений Владимирович

603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина,
д. 23.

+7 (904) 780-48-57

e-mail: Chuprunov@unn.ru

