

## ОТЗЫВ

научного руководителя, доктора химических наук, доцента А.Ю. Завражнова на диссертационную работу Брежнева Николая Юрьевича «Системы Ga—S и In—Se: кристаллическая структура промежуточных фаз и T-x-диаграммы», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия

Рассматриваемая работа посвящена важной задаче неорганической химии и химического материаловедения - поиску новых путей исследования и проведения такого исследования выбранных неорганических твердофазных соединений для последующего направленного синтеза новых перспективных полупроводниковых материалов. В первую очередь, в диссертации решается вопрос о уточнении достаточно малоизученных T-x диаграмм халькогенидных систем  $A^{III}B^{VI}$ : Ga - S и In - Se.

Халькогениды галлия и индия перспективны как для задач фундаментальной науки - химии твердого тела (обилие разнообразных, в том числе, и полиморфных фаз), так и для полупроводникового материаловедения (термоэлектрические преобразователи, двумерные материалы на основе слоистых сульфидов и селенидов и т.д). Исследование T-x-диаграммы данной системы открывает возможность получения важнейшей информации для выбора оптимальных условий получения различных новых перспективных веществ для новой техники.

Основное внимание автор уделяет установлению положения промежуточных халькогенидных фаз на соответствующих T-x - диаграммах и на установление структур этих фаз. В работе получены важные данные, позволяющие утверждать о возможности стабилизации высокотемпературной модификации  $\gamma$ -Ga<sub>2+ $\delta$</sub> S<sub>3</sub> для его выделения и хранения при низких температурах. Изучены оптические свойства ряда халькогенидных фаз в системе Ga - S.

В качестве новой информации можно отметить саму  $T$ - $x$ -диаграмму системы галлий - сера, которая содержит три высокотемпературные фазы: сфалеритоподобную  $\gamma$ -фазу с неупорядоченными вакансиями, вюрцитоподобную  $\beta$ -фазу также с неупорядоченными стехиометрическими вакансиями и  $\alpha$ - фазу, в которой упорядочение вакансий уже происходит. При этом положение на диаграмме другой модификации с упорядоченными вакансиями -  $\alpha'$ - $\text{Ga}_2\text{S}_3$ , существующей в очень широком интервале температур от комнатной до  $1000^\circ\text{C}$  - не вызывает сомнений и согласуется с литературными данными.

Также большая работа проведена и в уточнении фазовой диаграммы системы In - Se. Для этой системы, в частности, показано существование новой модификации  $\text{In}_6\text{Se}_7$ , а также показано, что одна из полиморфных модификаций  $\text{In}_2\text{Se}_3$  является возможной сверхструктурой с упорядоченными стехиометрическими вакансиями. При этом не подтверждается информация о фазах, промежуточных между  $\text{In}_6\text{Se}_7$  и  $\text{In}_2\text{Se}_3$ .

Достоверность полученных сведений вытекает из большого количества использованных в работе методов исследования (рентгеновская дифрактометрия, синхротронные исследования, просвечивающая электронная микроскопия, дифференциальный термический анализ). Ряд методов применяется в совокупности: хроматотермографический анализ, оптико-тензиметрический (спектрофотометрический) анализ. Успешная апробация новых методов на конкретных объектах дает хорошую перспективу для других исследований и само по себе является важным практическим результатом.

Работы по теме кандидатской диссертации поддержаны грантом в рамках конкурса на лучшие проекты фундаментальных научных исследований (16-43-360595\_Аспиранты «Построение фазовых диаграмм и выявление новых фаз в системах In — Se и Fe(Mn) — In — Se на основе нового метода термического анализа»).

За время выполнения ВКР Брежнев Николай Юрьевич самостоятельно выполнял практическую работу по указанной теме, а также на очень хорошем уровне самостоятельно освоил основы методов дифракционного анализа.

В целом, Брежнева Н. Ю. можно охарактеризовать как сформировавшегося научного работника, способного решать поставленные проблемы, достойного ученой степени кандидата химических наук.

Считаю, что диссертация «Системы Ga—S и In—Se: кристаллическая структура промежуточных фаз и T-x-диаграммы» удовлетворяет требованиям ВАК Минобрнауки РФ, а соискатель заслуживает присуждения степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

Научный руководитель

доктор химических наук, доцент,

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего

образования «Воронежский государственный

университет», химический факультет, кафедра

общей и неорганической химии профессор

394036, Воронеж, ул. Ф.Энгельса, д.34, кв.85.

Тел. (моб.): +7-915-543-11-26

E-mail: [alzavr08@rambler.ru](mailto:alzavr08@rambler.ru)

Завражнов А.Ю.

