РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 1.4.01.01 ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

от «19» мая 2022 г. № 5

о присуждении **Вагановой Ирине Владимировне**, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «**Пленки пересыщенных твердых растворов замещения $Cd_xPb_{1-x}S$: состав, структура, свойства**» по специальности **1.4.4. Физическая химия** принята к защите диссертационным советом УрФУ 1.4.01.01 31 марта 2022 г. протокол № 2.

Соискатель, **Ваганова Ирина Владимировна**, 1981 года рождения, в 2003 г. окончила Уральский государственный университет им. А.М. Горького по специальности «Химия»; в 2021 году окончила очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология (Технология неорганических веществ), работает в должности старшего преподавателя кафедры сервис безопасности в ФГБОУ ВО "Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий" (г. Екатеринбург).

Диссертация выполнена на кафедре физической и коллоидной химии Химико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор химических наук, профессор **Маскаева Лариса Николаевна**, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Химико-технологический институт, кафедра физической и коллоидной химии, профессор.

Официальные оппоненты:

Андреев Олег Валерьевич, доктор химических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный университет» (г. Тюмень), кафедра неорганической и физической химии, заведующий;

Захарова Галина Степановна, доктор химических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург), лаборатория неорганического синтеза, главный научный сотрудник;

Шехтман Георгий Шаевич, доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург), лаборатория химических источников тока, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 20 работ, из них 12 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, из них 8 статей, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и WoS. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации 7.76 п.л. / 1.49 п.л. – авторский вклад.

Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ:

1) Маскаева Л.Н., Кутявина А.Д., Марков В.Ф., Яговитин Р.Е., **Ваганова И.В.** Влияние размера частиц, формирующих поликристаллические пленки $Cd_xPb_{1-x}S$ на их состав // Бутлеровские сообщения, 2017, Т. 50, № 6, с. 86-94. (Maskaeva L.N., Kutyavina A.D., Markov V.F., Yagovitin R.E., **Vaganova I.V.** Influence of the particle size forming polycrystal $Cd_xPb_{1-x}S$ films on the composition // Butlerov Communications, 2017, V. 50, № 6, p. 86-94); 0,56 п.л./0,11 п.л.

2) Маскаева Л.Н., Марков В.Ф., Еремина А.С., **Ваганова И.В.** Экспериментальная проверка областей совместного осаждения CdS и PbS тиокарбамидом в присутствии триэтаноламина // Бутлеровские сообщения, 2017, Т. 50, № 6, с. 95-103. (Maskaeva L.N., Markov V.F., Yagovitin R.E., **Vaganova I.V.** Experimental verification of the ranges of CdS and PbS co-depostition by thiocarbamide in the presence of triethanolamine // Butlerov Communications, 2017, V. 50, № 6, p. 95-103); 0,56 п.л./0,14 п.л.

3) Маскаева Л.Н., Марков В.Ф., **Ваганова И.В.**, Форостяная Н.А. Кинетические исследования процесса соосаждения сульфидов свинца и кадмия тиокарбамидом // Бутлеровские сообщения, 2017, Т. 49, № 3, с. 50-59. (Maskaeva L.N., Markov V.F., **Vaganova I.V.**, Forostyanaya N.A. Kinetic study of chemical co-deposition of lead and calcium sulfides by thiocarbamide // Butlerov Communications, 2017, V. 49, № 3, p. 50-59); 0,63 п.л./0,16 п.л.

4) Maskaeva L.N., Markov V.F., **Vaganova I.V.**, Voronin V.I. Films of supersaturated $Cd_xPb_{1-x}S$ solid solutions: composition prognostication, chemical synthesis, microstructure // Russian Journal of Applied Chemistry, 2017, V. 90, Iss. 5, p. 691-700; 0.63 п.л. / 0.16 п.л. (Scopus, Web of Science).

5) Maskaeva L.N., Kutyavina A.D., Markov V.F., **Vaganova I.V.**, Voronin V.I. Features of the formation of thin films of supersaturated $Cd_xPb_{1-x}S$ solid solutions by chemical bath deposition // Russian Journal of General Chemistry, 2018, V. 88, p. 295-304; 0.63 п.л. / 0.13 п.л. (Scopus, Web of Science).

6) **Vaganova I.V.**, Maskaeva L.N., Markov V.F., Voronin V.I., Bamburov V.G. Influence of cadmium acetate salt concentration on the composition, structure and morphology of $Cd_xPb_{1-x}S$ solid solution films // Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics, 2018, V. 9, № 6, p. 811-822; 0,75 п.л. / 0,15 п.л. (Web of Science).

7) **Ваганова И.В.**, Маскаева Л.Н., Воронин В.И., Марков В.Ф., Бамбуров В.Г. Новый подход при рентгеновском исследовании микроструктуры пленок пересыщенных твердых растворов замещения $Cd_xPb_{1-x}S$ // Доклады академии наук, 2019, Т. 484, № 5, с. 554-558. (Vaganova I.V., Maskaeva L.N., Markov V.F., Bamburov V.G., Voronin V.I. A new approach in X-ray diffraction study of the

microstructure of films of supersaturated substitutional solid solutions $Cd_xPb_{1-x}S$ // Doklady Chemistry, 2019, V. 484, № 2, p. 37-40); 0.25 п.л. / 0.05 п.л.

8) **Vaganova I.V.**, Maskaeva L.N., Mostovschikova E.V., Voronin V.I., Markov V.F., Makarova M.V., Kutyavina A.D. Microstructure and Optic Properties of Supersaturated Substitutional $Cd_xPb_{1-x}S$ Solid Solution Films // AIP Conference Proceedings, 2019, V. 2063, p. 040063-1 – 040063-5; 0.313 п.л./0.045 п.л. (Scopus, Web of Science).

9) **Vaganova I.V.**, Maskaeva L.N., Mostovschikova E.V., Voronin V.I., Markov V.F. Influence of cadmium salt anion on crystal structure and optical properties of supersaturated solid solution $Cd_xPb_{1-x}S$ films // AIP Conference Proceedings, 2020, V. 2280, p. 040051-1 – 040051-5; 0.313 п.л./0.063 п.л. (Scopus, Web of Science).

10) Bezdetnova A.E., Markov V.F., Maksimova E.N., Maskaeva L.N., Voronin V.I., **Vaganova I.V.**, Shashmurin Yu.G., Franc A.S., Grashenkova K.V. The relationship between morphology and sensor properties of solid solution thin films $Cd_xPb_{1-x}S$ // AIP Conference Proceedings, 2020, V. 2280, p. 050009-1 – 050009-7; 0.438 п.л./0.049 п.л. (Scopus, Web of Science).

11) Maskaeva L.N., Mostovshchikova E.V., **Vaganova I.V.**, Markov V.F., Voronin V.I., Kutyavina A.D., Miroshnikova I.N., Vovkotrub E.G. Chemical bath deposited $Cd_xPb_{1-x}S$ solid solution films: composition, structure and optical properties // Thin Solid Films, 2021, V. 718, P. 138468; 0.56 п.л./0.07 п.л. (Scopus, Web of Science).

12) Maskaeva L.N., **Vaganova I.V.**, Markov V.F., Voronin V.I., Belov V.S., Lipina O.A., Mostovshchikova E.V., Miroshnikova I.N. A nonlinear evolution of the structure, morphology, and optical properties of PbS - CdS films with cadmium nitrate in the reaction mixture // Physical Chemistry Chemical Physics, 2021, V. 23, p. 10600-10614; 0.94 п.л./0.12 п.л. (Scopus, Web of Science).

На автореферат поступило 9 положительных отзывов: д.т.н., заслуженного деятеля науки РФ, профессора кафедры электроники и наноэлектроники **Попова Анатолия Игоревича** и к.т.н., доцента кафедры электроники и наноэлектроники **Мирошникова Бориса Николаевича** ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва; д.х.н., заслуженного деятеля

науки РФ, профессора кафедры «Безопасности жизнедеятельности, экологии и химии» **Трифонова Константина Ивановича** ФГБОУ ВО "Ковровская государственная технологическая академия имени В.А. Дегтярева", г. Ковров; д.ф.-м.н., профессора, заместителя зав. кафедрой микро- и наноэлектроники по научной работе **Мошникова Вячеслава Алексеевича** и к.ф.-м.н., доцента кафедры микро- и наноэлектроники **Мараевой Евгении Владимировны** ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», г. Санкт-Петербург; д.х.н., профессора, профессора кафедры материаловедения и индустрии наносистем **Миттовой Ирины Яковлевны**, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж; д.х.н., профессора, заведующего кафедрой общей и неорганической химии **Семенова Виктора Николаевича** и к.х.н., доцента кафедры общей и неорганической химии **Наумова Александра Владимировича** ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж; д.х.н., профессора, профессора кафедры общей и неорганической химии **Гаркушина Ивана Кирилловича** ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара; д.х.н., доцента, профессора кафедры техносферной безопасности и аналитической химии **Смагина Владимира Петровича** ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул; д.х.н., заведующего кафедрой материаловедения и физико-химии материалов **Винника Дениса Александровича** ФГБОУ ВО «Южно-уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск; д.х.н., профессора, профессора кафедры аналитической химии, сертификации и менеджмента качества **Юсупова Рафаила Акмаловича** ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань.

Отзывы содержат следующие критические замечания и вопросы: о замещении понятий сигнала (с размерностью мкВ) и вольтовой чувствительности (с размерностью В/Вт или В/лм) (Попов А.И., Мирошников Б.Н.); о соотношении свойств и максимумов значений на графиках, представленных в автореферате (Трифонов К.И.); об определении состава твердого раствора $Cd_xPb_{1-x}S$

(Мошников В.А., Мараева Е.В.); о методе определения толщины пленок (Миттова И.Я.), о точности определения содержания кадмия в твердом растворе; о химическом механизме осаждения пленок с использованием тиокарбамида в качестве сульфидизирующего реагента (Семенов В.Н., Наумов А.В.); о фазовой диаграмме системы CdS-PbS и корреляции свойств с ней (Гаркушин И.К.); о возможности сформулировать оптимальные условия синтеза и компонентный состав реакционной смеси для получения эффективного сенсора для определения диоксида азота; о влиянии кислотности среды на состав и структуры пленок; о нейтральных лигандах L_1 и L_2 (CdL_1^{2+} и PbL_2^{2+}), их роли и влияние на целевой продукт (Смагин В.П.); о методике нанесения тонкого покрытия на подложки из ситалла и кварцевого стекла; о методике эксперимента по определению сенсорных свойств (Винник Д.А.).

Выбор официальных оппонентов обосновывается компетентностью Андреева О.В., Захаровой Г.С. и Шехтмана Г.Ш. в области физической химии, а именно их научными достижениями при изучении физико-химических, фоточувствительных и сенсорных свойств твердых растворов замещения, что подтверждается публикациями в высокорейтинговых научных журналах.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата **химических** наук соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ и является научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований, содержится решение задачи выявления корреляций “условия получения - состав – структура – свойства” для химически осажденных пленок твердых растворов $Cd_xPb_{1-x}S$, что вносит вклад в развитие физической и неорганической химии.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат **новые научные результаты** и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

– Химическим осаждением из аммиачно-цитратной реакционной смеси при использовании солей кадмия с различной анионной компонентой $CdAn_n$ (An - (CH_3COO^-, NO_3^-, SO_4^{2-}) в пределах концентрации от 0.01 до 0.1 моль/л, на подложках из ситалла и аморфного кварцевого стекла получены пленки в системе CdS - PbS толщиной от 600 до 1300 нм.

– Установлено нелинейное изменение содержания кадмия в пленках $Cd_xPb_{1-x}S$ с максимальной долевой концентрацией до ~0.4 в зависимости от концентрации соли кадмия и типа анионной компоненты в направлении $Cd(CH_3COO)_2$>$Cd(NO_3)_2$>$CdSO_4$..

– Доказано образование твердых растворов $Cd_xPb_{1-x}S$ кубической структуры (пр. гр. $Fm\bar{3}m$), в которых содержание кадмия *x* уменьшается в ряду $CdSO_4 \rightarrow Cd(NO_3)_2 \rightarrow Cd(CH_3COO)_2$ от 0.041–0.021 до 0.94–0.90 с одновременным повышением доли индивидуальной фазы CdS, связанным с различной нуклеофильностью анионной компоненты соли кадмия; подтверждено наличие дислокаций в объеме зерен.

– Установлена возможность образование одно-, двух или трехфазных пленок, содержащих либо пересыщенный твердый раствор замещения $Cd_xPb_{1-x}S$, либо твердый раствор замещения и аморфную фазу CdS, либо композицию из твердого раствора замещения, гексагонального Cd_yS и аморфного сульфида кадмия, в зависимости от концентрации соли кадмия в реакционной смеси.

– По результатам оптических исследований пленок $Cd_xPb_{1-x}S$ установлено увеличение ширины запрещенной зоны от 0.51−0.57 эВ до 0.70−0.76 эВ с ростом содержания кадмия при концентрациях 0.01 моль/л и 0.06 соли кадмия в реакционной смеси и дальнейшим снижением до 0.64−0.73 эВ как следствие самоорганизации диссипативной системы на пути эволюции от прекурсора ($Cd(CH_3COO)_2 \rightarrow Cd(NO_3)_2 \rightarrow CdSO_4$) к конечному продукту.

– Показаны пути оптимизации функциональных свойств (вольтовая чувствительность, темновое сопротивление, вольт-ваттная чувствительность) тонкопленочных слоев $Cd_xPb_{1-x}S$ за счет направленного изменения их структурно-морфологических характеристик при варьировании условий

получения; доказана возможность практического использования пленок в качестве материалов для фотодетекторов и фотоприемных устройств для ближнего ИК-диапазона спектра, в преобразователях солнечного излучения и в химических сенсорах.

Диссертация является фундаментальным исследованием, направленным на выявление общих закономерностей, обеспечивающих целенаправленное осаждение пленок пересыщенных твердых растворов замещения $Cd_xPb_{1-x}S$ с требуемыми свойствами. Результаты могут быть использованы при разработке материалов для солнечных преобразователей и газосенсоров.

На заседании 19 мая 2022 г. диссертационный совет УрФУ 1.4.01.01 принял решение присудить **Вагановой И.В.** ученую степень кандидата **химических** наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 1.4.01.01 в количестве 15 человек, из них 4 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета УрФУ 1.4.01.01 — Черепанов Владимир Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета УрФУ 1.4.01.01 — Кочетова Надежда Александровна

19.05.2022