

Научный задел Лаборатории химии летучих координационных и металлорганических соединений

1) Химический задел

Коллективом лаборатории разработаны подходы к дизайну и эффективные методы синтеза, выделения и очистки летучих координационных соединений металлов I-IV и VII-VIII групп Периодической системы (Cs, Mg, Cu, Al, Sc, Y, Ti, Zr, Hf, Re, Fe, Co, Ni), включая металлы платиновой группы (Ru, Rh, Pd, Ir, Pt), Au и Ag, а также лантаноидов, с различными органическими лигандами: β -дикетонатами и их производными, циклопентадиенилами, аллилами, аминами, циклическими диенами, основаниями Шиффа, салицилальдиминатными, карбоксилатными производными и пр. В том числе, разрабатываются методы синтеза прекурсоров в укрупненных масштабах, а также методы современной «зеленой химии». При этом имеющиеся синтетические наработки имеют принципиальное значение в рамках предлагаемого проекта ввиду высокой стоимости благородных металлов. В данной области, например, коллективом лаборатории разработаны оригинальные, не имеющие аналогов в мире, методы синтеза β -дикетонатов платиновых металлов из соответствующих фторокомплексов, β -иминокетонатов палладия(II), а также экологически чистый метод синтеза ацетилацетонатов ряда металлов платиновой группы с использованием микроволновой активации, обеспечивающий возврат непрореагировавшего продукта в исходную смесь.

По разработанным методикам за период 2012-2017 гг. синтезировано более 70 новых летучих соединений, в том числе, 36 комплексов благородных металлов. Полученные вещества охарактеризованы современным набором физико-химических методов, включая элементный анализ (CHNF, содержание металла), ИК- и КР-спектроскопию, ^1H и $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ ЯМР-спектроскопию, масс-спектрометрию, рентгенофазовый анализ. Строение около 45 соединений (из них комплексов благородных металлов – 29), впервые установлено методом рентгеноструктурного анализа. Для примера, строение ряда недавно полученных комплексов приведено на рисунке 1.

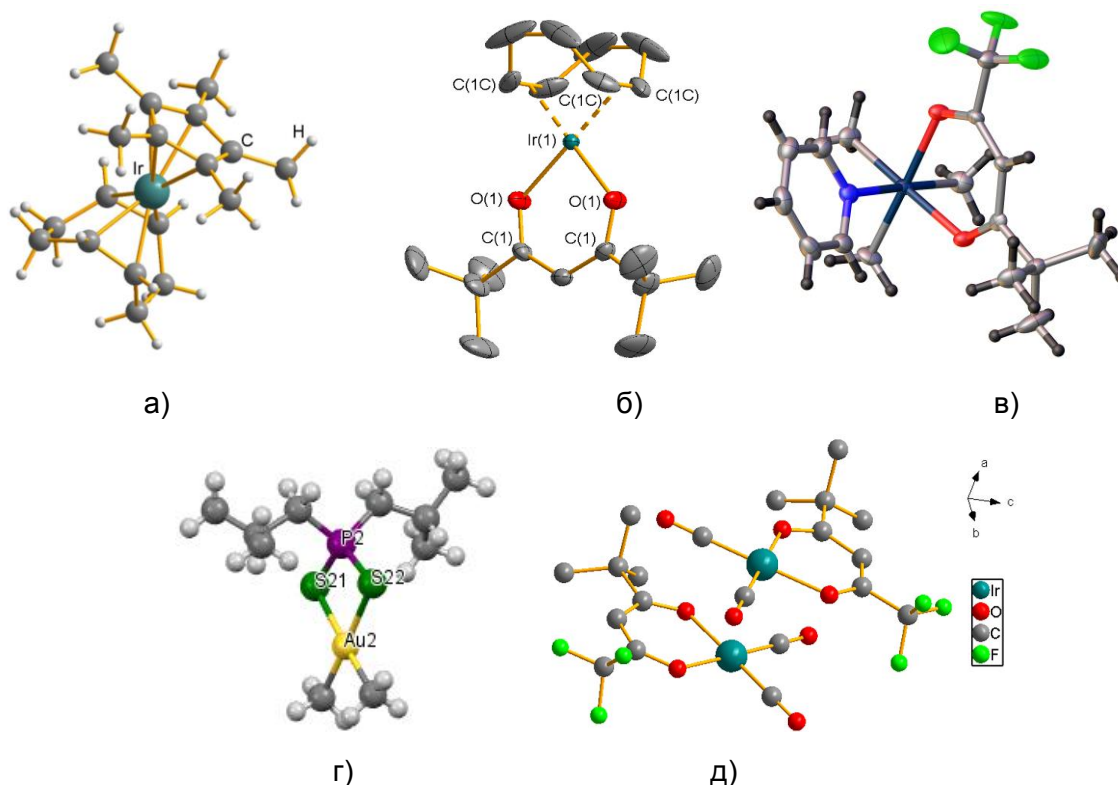


Рисунок 1 – Строение молекул комплексов $[\text{Ir}(\text{cod})(\text{Cp}^*)]$ (а), $[\text{Ir}(\text{cod})(\text{thd})]$ (б), $[(\text{CH}_3)_3\text{Pt}(\text{ptac})\text{Py}]$ (в), $[(\text{CH}_3)_2\text{AuSSP}(\text{Bu})_2]$ (г) и фрагмент кристаллической упаковки комплекса $[\text{Ir}(\text{CO})_2(\text{ptac})]$ (д)

2) Исследовательский задел

2.1) Исследование термодинамических свойств летучих соединений

Поскольку термодинамические характеристики летучих прекурсоров имеют ключевое значение при разработке управляемых MOCVD процессов получения функциональных покрытий, коллектив лаборатории применяет широкий спектр методов исследования термодинамических свойств полученных соединений. В частности, на основании совокупности данных термогравиметрии, калориметрии и тензиметрии определяют область термодинамической стабильности соединений в конденсированной фазе, термодинамические параметры фазовых превращений, измеряют температурные зависимости давления насыщенного пара, что позволяет прецизионно задавать интервал температур испарителя, контролируя концентрацию паров прекурсоров в реакторе.

Методами тензиметрии изучены равновесия с участием газовой фазы для ряда летучих комплексов металлов платиновой группы в широком диапазоне давлений (от 10^{-6} до 760 Торр) и температур (100-600 К). Статический метод применяется для исследования систем, находящихся в замкнутом объеме, что позволяет установить насколько состояние системы далеко от равновесной. Последнее обстоятельство важно, так как в ряде случаев возможно полностью исключить из рассмотрения кинетические и диффузионные факторы. Для получения p - T - x зависимостей статическим методом используются кварцевые мембранные нуль-манометры, чувствительность которых составляет 0,05–0,1 Торр. Статическая установка имеет следующие характеристики: точность измерения давления 0,3 Торр, температуры 0,5°. Метод потока позволяет определить плотность пара вещества, насыщающего при некоторой температуре газ, проходящий над ним. Суммарная экспериментальная погрешность измерения давления на установке метода потока не превышает $\pm 5\%$ при погрешности поддерживаемой температуры $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Диапазон измерения давления 0,01–200 Торр. Метод Кнудсена основан на измерении скорости течения пара через малое отверстие из пространства, содержащего насыщенный пар. Метод Кнудсена из-за своей специфики имеет множество вариантов, и получил распространение для измерения малых величин давления паров. При этом метод очень чувствителен к типу вещества, его агрегатному состоянию, составу пара, реакционной способности. Предельная погрешность измерения давления 10%. Для температуры предельная ошибка $\pm 1^\circ$ (складывается из погрешностей калибровки и собственной ошибки термодатчика). Экспериментальные данные, полученные тензиметрическими методами, обрабатывают МНК с помощью целевой функции, основанной на принципе максимального правдоподобия. В результате обработки рассчитывают энтальпию и энтропию процессов парообразования, уравнение температурной зависимости логарифма давления, дисперсии рассчитанного по уравнению давления, а также рассчитывают погрешности полученных величин с учетом коэффициентов Стьюдента для 95-% доверительного интервала.

Дифференциальная сканирующая калориметрия основана на измерении теплового потока между исследуемым образцом и эталоном в строго контролируемых температурных условиях. На полученной зависимости теплового потока от температуры в случае имеющих фазовых переходов (тв1-тв2, тв-ж) появляются эндотермические пики, площадь которых пропорциональна тепловому эффекту. Прибор DSC SETARAM 111 имеет следующие характеристики, полученные из калибровочных экспериментов по реперным веществам: точность определения температур переходов 0,5°; тепловых эффектов 1,5%; диапазон измерений 150–1100 К.

Методом низкотемпературной адиабатической калориметрии получены прецизионные данные о теплоемкости в интервале от 5 до 310 К для ряда ацетилацетонатов и дивалоилометанатов металлов платиновой группы. Относительная стандартная неопределенность экспериментальных значений теплоемкости: 1% - ниже 20 К, 0.3% - в интервале 20-80 К, 0.15% - выше 80 К. Для всех соединений рассчитаны значения термодинамических функций (теплоемкости, энтропии, энтальпии, приведенной энергии Гиббса) при стандартной температуре (298.15 К). Результаты исследований термодинамических свойств соединений занесены в Банк данных по свойствам

материалов электронной техники с комплексом программ расчетов равновесий в многокомпонентных системах, разрабатываемый ИНХ СО РАН. Предложен новый подход вычисления термодинамических функций для исследуемого соединения во всей области существования твёрдой фазы на основе низкотемпературных данных о теплоёмкости, полученных адиабатическим методом. Метод основан на численном решении обратной задачи о восстановлении плотности фононных состояний из низкотемпературной теплоёмкости при постоянном объеме.

Термодинамические характеристики летучих соединений металлов, полученные в ходе исследования, используют для термодинамического моделирования процессов нанесения функциональных материалов с помощью БД СМЭТ (банка данных по свойствам материалов электронной техники) и программ расчетов равновесий в многокомпонентных системах.

2.2) Метод высокотемпературной *in situ* масс-спектрометрии

Исследование процесса термодеструкции паров прекурсоров на нагретой поверхности позволяет определять оптимальный диапазон температур осаждения и необходимость ввода реакционных газообразных добавок (водород, кислород) и определять пути управления составом покрытия при разработке MOCVD процессов.

Для этой цели разработана уникальная масс-спектрометрическая методика с системой ввода образца, имитирующей миниатюрный CVD реактор низкого давления с горячими стенками, что позволяет исследовать состав газовой фазы и термическую устойчивость вещества при парообразовании, кинетику десорбции (температурно-программируемая десорбция), а также устанавливать механизм термоллиза паров прекурсоров, основываясь на температурной зависимости состава газообразных продуктов реакции, в том числе, влияние на этот механизм различных газовых добавок и введения других прекурсоров (имитация условий соосаждения для получения композиционных материалов). Следует отметить, что использование данной методики позволяет получать большой объём экспериментальной информации о термическом поведении соединения при использовании микроколичеств образца, что важно для комплексов дорогостоящих металлов (например, металлов платиновой группы). На примере нескольких соединений показано, что получаемые данные о процессе, протекающем в установке, совместимы с данными о процессах осаждения в полупромышленном реакторе с холодными стенками (рабочее давление 10-760 Торр). Подтверждена применимость методики для установления корреляции состава газовой фазы с составом и свойствами осаждаемых плёнок. Температурные характеристики этих процессов являются основным критерием для отбора совместимых прекурсоров при соосаждении композиционных покрытий.

С использованием данной методики исследован широкий ряд летучих комплексов металлов с органическими лигандами, в том числе около 25 комплексов благородных металлов, включая β -дикетонаты палладия(II) и иридия (III), разнолигандные комплексы Ir(I) и Pt(IV), комплексы диметилзолота(III) с различными (O,O)-, (S,S)- и (N,O)-донорными лигандами, а также уникальные биметаллические комплексы палладия(II) и платины(II), из которых за период 2012-2017 гг. 14 соединений. Определены температурные характеристики процессов термодеструкции паров прекурсоров, основные газообразные продукты распада, влияние на эти параметры реакционных газов (водород, дейтерий, кислород); для ряда соединений предложены соответствующие механизмы термораспада. Полученные данные использованы при разработке MOCVD процессов осаждения покрытий и наночастиц благородных металлов на различных объектах.

2.3) Металлические и оксидные покрытия с различной микроструктурой для различных применений

При решении поставленных задач, включая и практические применения, были получены металлические и металл-оксидные покрытия с различной макроструктурой. На рисунке в качестве примера показаны сколы рениевого покрытия с компактной (сплошной) структурой, крупнозернистые палладиевые, мелкозернистые золотые покрытия и платиновые слои со столбчатой структурой.

Коллектив лаборатории имеет широкий опыт разработки металлических покрытий различной микроструктуры и морфологии. На рисунке 2 в качестве примера показаны сколы рениевого покрытия с компактной (сплошной) структурой, крупнозернистые палладиевые, мелкозернистые золотые покрытия и платиновые слои со столбчатой структурой.

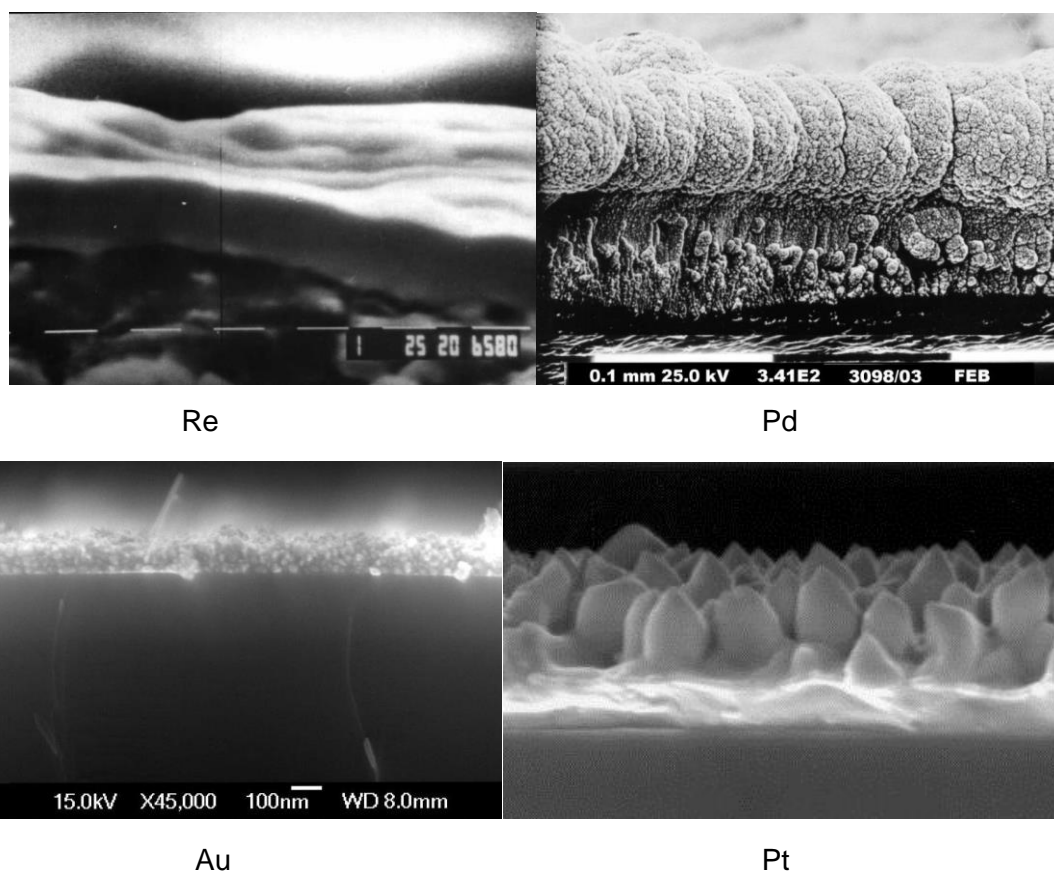


Рисунок 2 – Микроструктуры металлических покрытий

Сформулированы основные способы управления внутренним строением и морфологией поверхности покрытий:

- изменение скорости массопереноса прекурсоров (путем изменения температуры испарителя, скорости потока газа-носителя и др.);
- изменение температуры осаждения;
- использование контролируемой атмосферы (вакуум, присутствие водорода, кислорода, паров воды и др.);
- использование контролируемой импульсной подачи паров прекурсора в реактор;
- введение в состав покрытия дополнительного компонента.

Далее приведены примеры влияния параметров MOCVD процессов на структуру и состав получаемых покрытий.

При синтезе Re покрытий на стальных подложках изменение температуры испарителя на 10°C приводит к существенному изменению структуры покрытий (рисунок 3). При температуре испарителя 120°C покрытие имеет компактную неслоистую структуру. При температуре испарителя 110°C характер структуры покрытия меняется в процессе роста. На первых стадиях образуется сплошное покрытие, затем вырастает слой со столбчатой структурой, и на поверхности формируется порошкообразный слой. При той же температуре испарителя (110°C) на керамической подложке образуется компактное мелкозернистое покрытие.

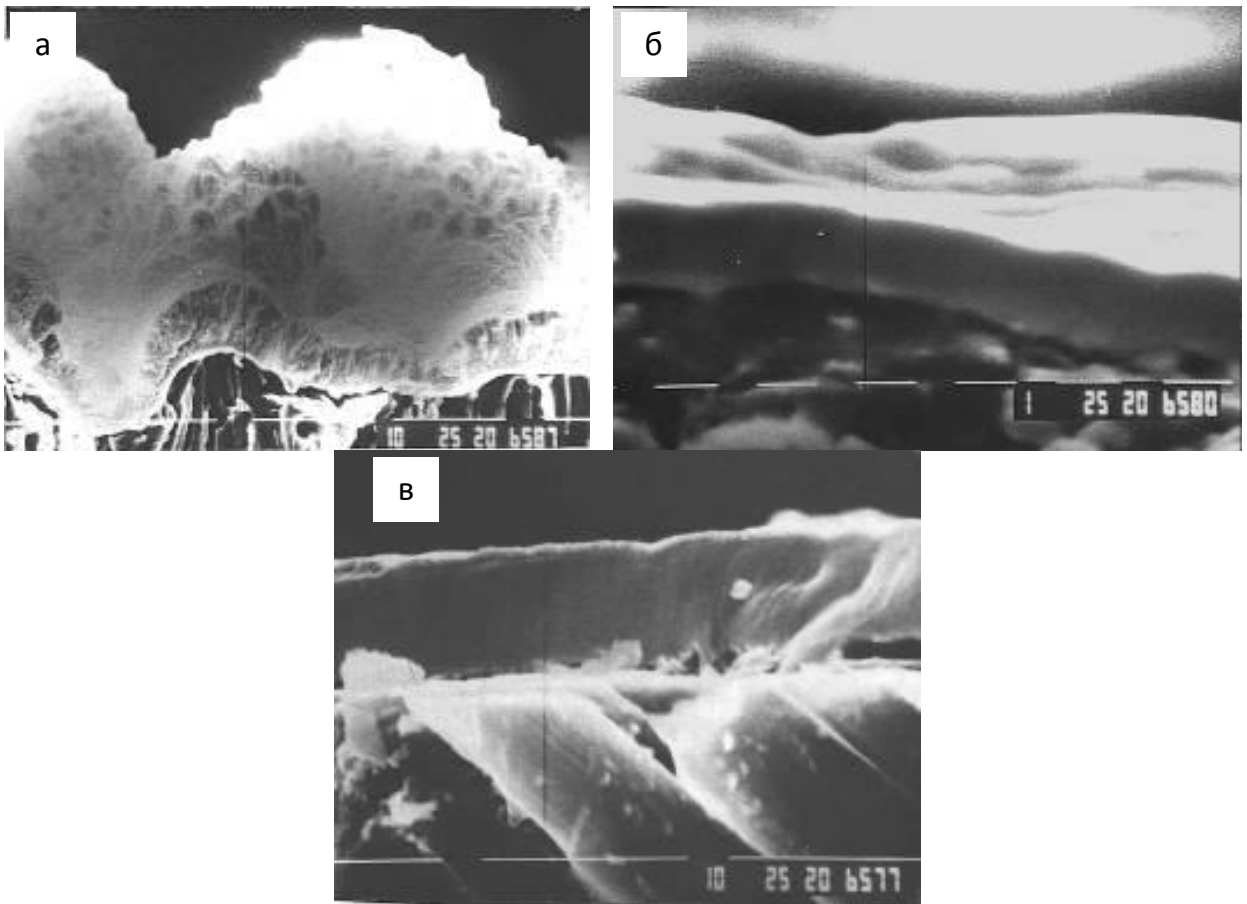


Рисунок 3 – Изображения сколов образцов Ir покрытий: образец (а) – стальная подложка, температура испарителя 110 °С; образец (б) – стальная подложка, температура испарителя 120 °С; образец (в) – C/SiC подложка, температура испарителя 110 °С

Понижение температуры осаждения Ir покрытий приводит к получению более совершенной, сплошной структуры (рисунок 4). По данным рентгеновского анализа понижение температуры подложки с 340°С до 320°С приводит к уменьшению размеров частиц в Ir покрытиях с 25 до 6 нм.

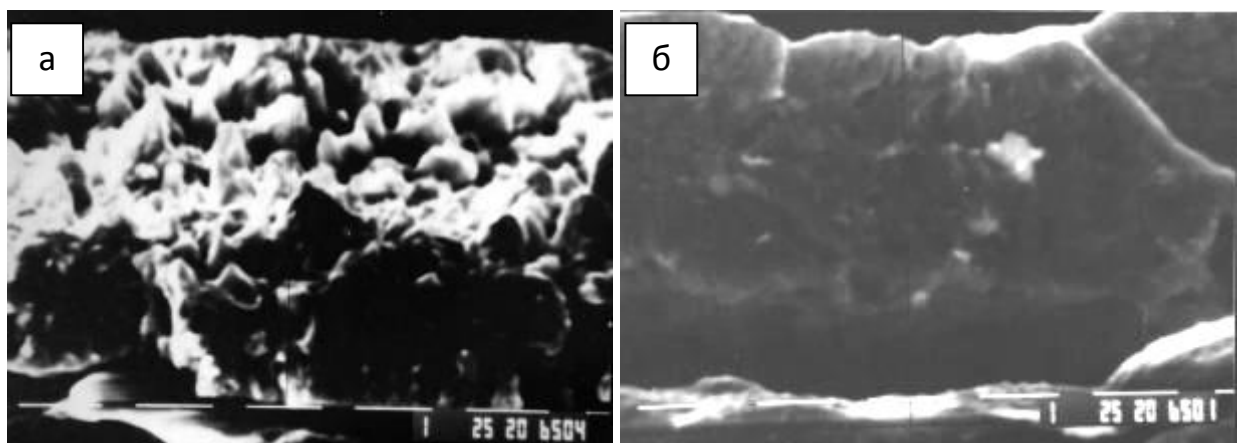


Рисунок 4 – Изображения сколов образцов Ir покрытий, полученных при различной температуре осаждения: 340°С (а), 320°С (б)

Введение Al_2O_3 в состав Ir покрытия привело к существенному изменению его строения (рисунок 5). Исчезла горизонтальная слоистость, Ir- Al_2O_3 покрытие имеет однородную, сплошную структуру с соотношением Ir/Al ~ 2,2. В образце проявляется преимущественная ориентация [1 1 1]. Покрытие состоит из нанокристаллитов Ir и рентгеноаморфного Al_2O_3 . При введении фазы Al_2O_3 в состав покрытия размеры

кристаллитов иридия уменьшились в 2 раза (с 6 до 3 нм). Можно предположить, что Al_2O_3 оказывает влияние на процесс кристаллизации Ir либо путем образования наночастиц оксидной фазы, либо формированием аморфных слоев на поверхности Ir кристаллитов, препятствуя увеличению их размера.

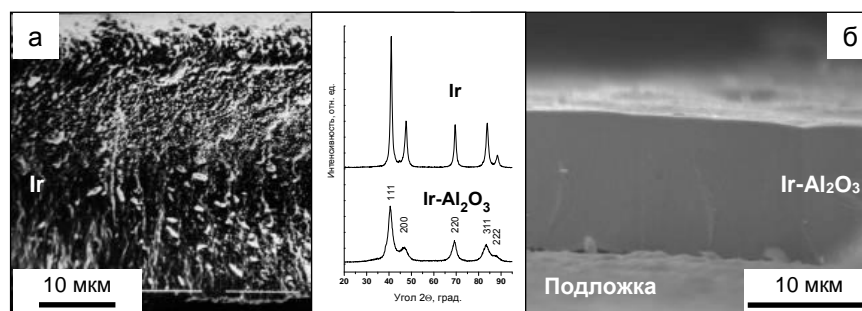


Рисунок 5 – Изображения скола образцов Ir (а) и Ir- Al_2O_3 (б) покрытий; дифрактограммы, полученные от этих образцов

Методом импульсного MOCVD с *in-situ* масс-спектрометрическим контролем процесса осаждения получены сверхтонкие слои иридия и рутения с толщиной несколько нанометров. Выявлена роль реакционной среды и температуры осаждения в формировании нанокристаллической структуры пленок. Осаждение Ir в кислородной атмосфере приводит к получению плотных однородных структур, в то время как в вакууме или в водороде осаждаются наноразмерные зернистые Ir слои (рисунки 6, 7).

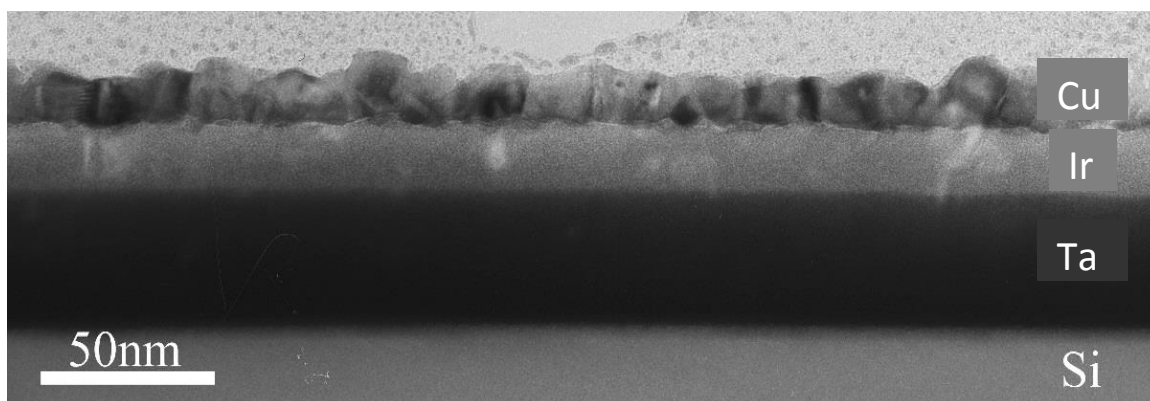


Рисунок 6 – Изображение поперечного сечения Ir пленки, осажденной методом импульсного MOCVD в присутствии кислорода (на поверхность Ir методом импульсного MOCVD нанесен слой Cu для дальнейшего гальванического доращивания)

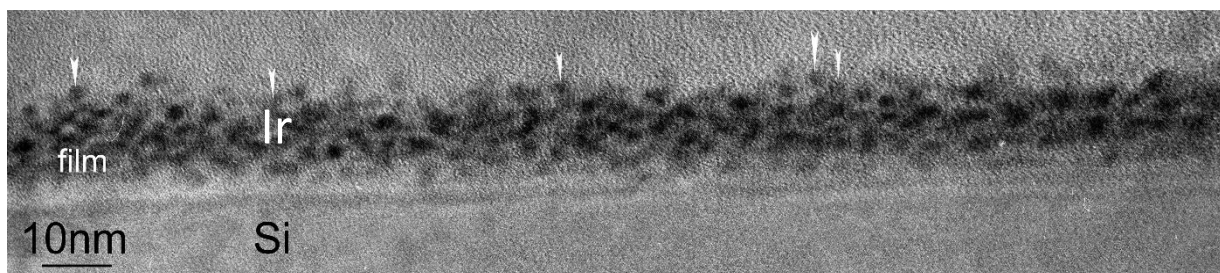


Рисунок 7 – Изображение поперечного сечения Ir пленки, осажденной методом импульсного MOCVD в присутствии водорода

Ru пленки с компактной сплошной структурой формируются при температуре осаждения 340°C и ниже, повышение температуры приводит к росту нанозернистых Ru слоев (структуры рутениевых пленок близки к структурам иридиевых слоев).

Отработаны MOCVD методики получения YSZ слоев (оксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия) (рисунок 8). Понижение скорости роста (путем уменьшения температуры осаждения и скорости массопереноса прекурсоров) примерно в 4 раза привело к существенному изменению структуры YSZ слоев. Покрытия, полученные

при относительно высоких скоростях роста (3-3,5 мкм/ч), имели столбчатые структуры, в то время как при более низких скоростях роста (0,8-1 мкм/ч) осаждаются однородные слои с компактной структурой.

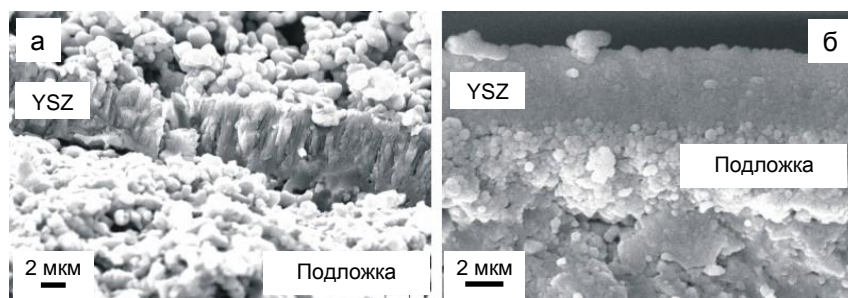


Рисунок 8 – Изображения слоев образцов YSZ, осажденных на YSZ-NiO пористых образцах при различных скоростях роста: (а) – 3,1 мкм/ч; (б) – 0,8 мкм/ч

Столбчатые покрытия могут использоваться в качестве термобарьерных слоев, покрытия с компактной структурой – в качестве газоплотных пленочных электролитов на несущих пористых анодах (Ni-YSZ) для твердооксидных топливных элементов.

3) Технический задел

Для синтеза соединений используется специализированное оборудование, включая glove-box и аппаратуру Шленка для работы с чувствительными к влаге и кислороду соединениями в инертных условиях (рисунок 9); в распоряжении коллектива имеется швейцарское оборудование для проведения синтезов в укрупненных масштабах: два реактора с полной обвязкой и термостатами объемом по 5 л; один – для работы в инертной атмосфере, с вакуумной линией, объемом 10 л; нутч-фильтр объемом 10 л (рисунок 10).



Рисунок 9 – Лабораторное оборудование для синтеза соединений



Рисунок 10 – Оборудование для синтеза соединений в укрупненных масштабах

Для получения покрытий в лаборатории имеется комплекс MOCVD установок различного типа. Конструкции всех установок оригинальны, разработаны и изготовлены с участием коллектива лаборатории.

1) Проточный MOCVD реактор для экспериментов при атмосферном или пониженном давлении (APCVD и LPCVD) – возможность реализации высоких скоростей роста (до нескольких микрон в час) и получения пленок с развитой фрактальной поверхностью (рисунок 11).



Рисунок 11 – Проточный MOCVD реактор

2) УФ-стимулированный MOCVD реактор при пониженном давлении (VUV MOCVD) – для низкотемпературного осаждения слоев на полимерные носители (рисунок 16).



Рисунок 12 – УФ-стимулированный MOCVD реактор

3) Импульсный MOCVD реактор (pulse MOCVD) – для получения сплошных компактных слоев, повторяющих заданный рельеф поверхности подложки (рисунок 17).



Рисунок 12– Импульсный MOCVD реактор

4) Проточный MOCVD реактор при атмосферном или пониженном давлении для получения моно- и композиционных слоев на поверхности с покрываемой площадью до 100 мм^2 (рисунок 13) для осаждения покрытий на катоды и аноды эндокардиальных электродов.



Рисунок 13 – проточный MOCVD реактор с покрываемой площадью до 100 мм^2

5) Импульсный MOCVD реактор с четырьмя источниками (рисунок 14) для осаждения компактных слоев палладийсодержащих мембран.



Рисунок 14 – Импульсный MOCVD реактор с четырьмя источниками

Конструкции указанных реакторов уникальны и позволяют проводить эксперименты по осаждению пленок и покрытий из различных типов прекурсоров. Наличие в установках независимых источников паров обеспечивает возможность получения композиционных материалов заданного состава и строения, в том числе послойных структур. При

разработке процессов роста пленок и покрытий варьируются следующие параметры: состав исходной газовой смеси, температуры подложки и испарителей, температуры трубопроводов и внешних стенок реактора, давление в системе, скорость подачи газов-реагентов (в pulse MOCVD– время экспозиции, порядок смешения паров прекурсоров и газов-реагентов, время откачки) и др.

4) Гранты, контракты и научное сотрудничество

4.1) Гранты, проекты, договоры Лаборатории за последние 5 лет

1) Грант РФФИ №16-13-10325 «Новые процессы формирования керамических термобарьерных покрытий для газовых турбин V-VI поколения» (2016-2018 гг.)

Целью настоящего проекта является разработка новых методов нанесения и новых составов керамических термобарьерных покрытий, работоспособных при температурах более 1250°C в условиях работы лопаток газовых турбин V-VI поколений. В рамках проекта предполагается развить метод химического осаждения из газовой фазы MOCVD с использованием летучих соединений металлов с органическими лигандами. Необходимо не только получить столбчатые керамические покрытия с коэффициентом теплопроводности не более 1 Вт/м·К, но и достичь технологически приемлемых высоких скоростей роста термобарьерных слоев на уровне 20 мкм/час. На рисунке 15 приведено опытное термобарьерное покрытие, полученное на лабораторной установке проточного типа при пониженном давлении.

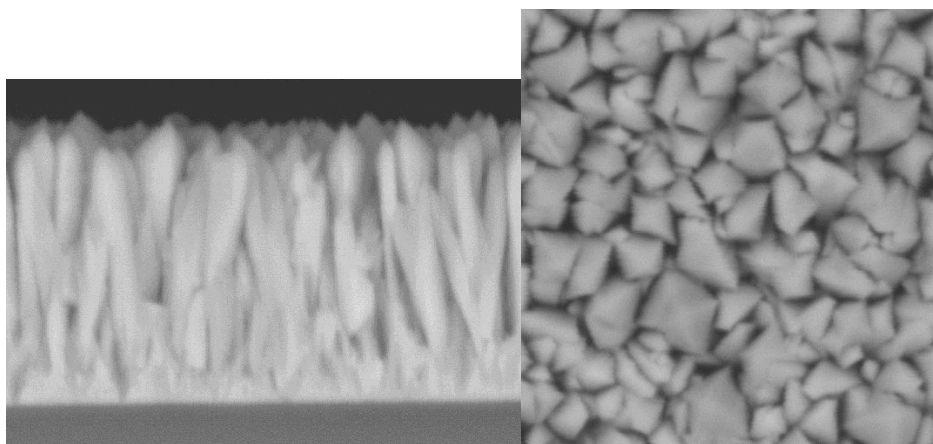


Рисунок 15 – Керамический слой ZrO_2 - Y_2O_3 (вид с излома (слева) и сверху (справа)).

2) Грант РФФИ №15-13-10014 "Гибридные пленочные структуры на основе палладийсодержащих мембран и фталоцианинов металлов, полученные методами газофазного осаждения" (2015-2017 гг.).

Разработаны общие подходы к получению новых гибридных многофункциональных пленочных структур на основе палладийсодержащих мембран и фталоцианинов металлов (МРС), которые, с одной стороны, могут применяться для очистки водорода с одновременным детектированием газообразных примесных продуктов. С другой стороны, эти структуры могут использоваться в качестве селективных сенсоров для определения водорода. Были получены и исследованы гибридные пленочные структуры различных типов: (1) гетероструктуры, полученные послойным осаждением фталоцианинов и палладийсодержащих пленок, где палладийсодержащая пленка является верхним слоем (Рисунок 16 (а)), (2) гетероструктуры, полученные послойным осаждением фталоцианинов и палладийсодержащих пленок, где палладийсодержащая пленка является нижним слоем (Рисунок 16 (а)).



Рисунок 16 – а) гибридные пленочные структуры типа (1) и (2); б) – гетероструктура (2): слева - керамическая подложка YSZr, посередине - керамическая подложка с осажденным слоем Pd, справа – с пленкой фталоцианина с осажденными контактами из Au

Проведен анализ зависимости сенсорного отклика гибридных пленочных структур типа (1) МРс/Pd (M=Co, Pd) на водород от толщины палладийсодержащего слоя. Показано, что при толщине Pd слоя >120 нм наблюдается необратимый сенсорный отклик, а при толщине Pd слоя 70-120 нм наблюдается обратимый сенсорный отклик. Гетероструктуры МРс/Pd (M=Co, Pd) не чувствительны к таким газам, как NH₃, CO₂, CO, алканы, хлорированные алканы. Таким образом, активные слои на основе гетероструктур МРс/Pd позволяют определять содержание водорода в воздухе (2-40 %) в присутствии указанных выше газов.

3) Грант Сколково: инновационный проект «Разработка палладийсодержащих мембран для водородной энергетики» по Соглашению о предоставлении гранта от 8 июня 2015 г. № 30/15.

Палладийсодержащие мембраны – единственный тип мембран для получения сверхчистого водорода, который используется в микроэлектронике, фармацевтике, при химическом синтезе, в лабораторном аналитическом оборудовании. Технология, разрабатываемая в рамках проекта, дает возможность значительно снизить себестоимость производства палладийсодержащих мембран для водородной энергетики при сохранении основных технических параметров. Метод получения покрытий – импульсная модификация MOCVD процесса, позволяющая формировать сложные градиентные, ламинатные, композиционные структуры. В настоящий момент выполнены настройка, наладка и запуск модельного MOCVD реактора (рисунок 14). Проведена серия экспериментов, получены образцы плоских мембран на подложках из пористой нержавеющей стали. Начаты испытания образцов мембран на соответствие требуемым параметрам. Осаждение покрытия происходит на образце, нагретом до более высокой температуры, по сравнению с корпусом MOCVD реактора, технологическими транспортными линиями и объемами. К MOCVD реактору, размещенному вместе с «горячими» клапанами в термостате, подключаются внешние системы, обеспечивающие его функционирование: блок подготовки прекурсоров, блок подготовки газов, вакуумная система. Процесс нанесения включает порядка 50 импульсных циклов. Завершается эксперимент откачкой остаточных газов и охлаждением конструкции до комнатной температуры. После завершения эксперимента в объем реактора напускается газ, реактор вскрывается и извлекаются образцы мембран. На рисунке 17 приведен пример образца до и после нанесения покрытия.

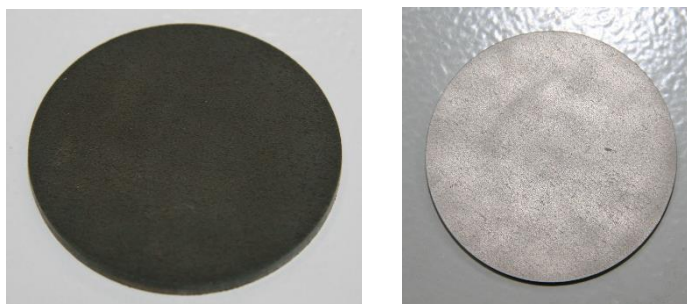


Рисунок 17 – Образцы до (слева) и после (справа) нанесения покрытия

4) ФЦП: Соглашение с Минобрнаукой России №14.604.21.0080 от 30 июня 2014 г. «Разработка прототипа технологических решений нанесения биологически совместимых наноструктурированных покрытий с заданными свойствами на основе металлов платиновой группы на материалы, применяемые при создании изделий и устройств медицинского назначения» (2014-2016 гг.).

Впервые МОСVD метод применен для получения покрытий из благородных металлов на катоды и аноды эндокардиальных электродов, разработаны процессы нанесения Ir-, Pt-содержащих покрытий на образцы катодов и анодов, предоставленные компанией-партнером ООО «ЭЛЕСТИМ-КАРДИО» (рисунок 18). Создан макет опытно-промышленной МОСVD установки на 108 образцов для получения покрытий на электрических полюсах эндокардиальных электродов (рисунок 18). Макет применен при изготовлении серийных партий катодов и анодов. Покрытия имеют фрактальную поверхность со средней шероховатостью до 420 нм и толщиной до 1.5 мкм. Образцы эндокардиальных электродов с нанесенным металлическим иридием обладают электрическими параметрами, которые превосходят характеристики электродов, выпускаемых в настоящий момент компанией-партнером ООО «ЭЛЕСТИМ-КАРДИО» и компанией «Biotronik». Изготовлен макетный образец биполярного электрода, в состав которого вошли катод и анод с металлическим Ir покрытием, полученным авторами проекта. Макетный образец успешно прошел стадию токсикологических испытаний (рисунок 18).



а)

б)

в)

Рисунок 18 – а) образцы катода и анода с нанесенным Ir покрытием, б) макет опытно-промышленной МОСVD установки, в) макетный образец биполярного электрода

5) Грант РФФИ №15-03-03833 А "Биологические метки на основе спазеров для биомедицинских приложений" (2015-2017 гг.)

6) Договор с ФГУП «Российский Федеральный Ядерный Центр-Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» №313-036-14 "Разработка процессов получения низкоэмиссионных покрытий на ВЖ159-ИД" от 15 июня 2014 г.

7) Междисциплинарный интеграционный проект СО РАН №64 "Ансамбли наночастиц и тонкопленочные системы упорядочивающихся сплавов на основе металлов платиновой группы: формирование, структура, магнитные свойства" (2012-2014 гг.).

8) Договор с ИХТТИМ в рамках ФЦП проекта №779-313-180-13 "Разработка научных основ создания комплексной системы антикоррозионной защиты углерод-углеродных композиционных материалов в экстремальных условиях эксплуатации" от 6 мая 2013 г. (2013-2014 гг.).

9) Грант РФФИ-TUBITAK №12-03-91372-СТ_a "Гибридные материалы на основе одностенных углеродных нанотрубок и фталоцианинов металлов: синтез, характеристика и сенсорные свойства" (2012-2013 гг.) с Gebze Institute of Technology, Gebze, Turkey.

10) Грант РФФИ-DFG №12-02-00593-а "Управление молекулярной ориентацией и электронными свойствами межфазных границ в тонких пленках полярных фталоцианинов металлов: химическая модификация границы раздела и влияние внешних полей" (2011-2012 гг.) с Physical and Theoretical Chemistry, University of Tübingen, Germany.

4.2) Контракты с иностранными партнерами

- 1) Южная Корея, 2001 г.: синтез и поставка $\text{TiO}(\text{thd})_2$ в количестве 100 г.
- 2) US company AirProducts Inc., 2001 г.: синтез и поставка $\text{Cu}(\text{II})$ дииминатов, осаждение тонких пленок Cu методом MOCVD.
- 3) Грант INTAS YSF 2002-315 (2002-2003) "Физический взгляд на газо-сенсорные свойства пленок новых фталоцианинов металлов" с Sheffield Hallam University, UK.
- 4) Грант INTAS CAT. D-Renewal 2002-315/3(2003-2004) "Электрические и оптоэлектронные свойства новых фотовольтаических многослойных структур на основе жидкокристаллических фталоцианинов" с Sheffield Hallam University, UK.
- 5) US company AirProducts Inc., 2003-2004 гг.: осаждение тонких пленок Ru методом ALD.
- 6) EDAS Germany, 2002-2005 гг.: синтез и поставка бета-дикетонатов $\text{Ir}(\text{III})$, $\text{Cu}(\text{I})$; осаждение Ir , $\text{Ir-Al}_2\text{O}_3$ и Re покрытий методом MOCVD.
- 7) Исследовательское соглашение с SPANSION LLC (США) (2005-2006).
- 8) Institute of Chemistry and Surfaces, Padova, Italy, 2006 г.: синтез прекурсоров $\text{Hf}(\text{IV})$.
- 9) Intel Services, Inc., USA and CJSC, Intel A/O, Russia, 2007-2008 гг.: синтез и поставка двенадцати прекурсоров металлов платиновой группы в укрупненных масштабах (до 100 г), осаждение тонких пленок Ir методом ALD.
- 10) Грант РФФИ-DFG 12-02-00593-а "Управление молекулярной ориентацией и электронными свойствами межфазных границ в тонких пленках полярных фталоцианинов металлов: химическая модификация границы раздела и влияние внешних полей" (2011-2012) с Physical and Theoretical Chemistry, University of Tübingen, Germany.
- 11) Грант Royal Society «Исследование взаимосвязи структуры и трибологических свойств покрытий на основе углерода осажденных методом HIPIMS с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния света» (2011) с Sheffield Hallam University, UK.
- 12) Грант РФФИ-TUBITAK 09-03-91219-СТ_a "Мезоморфные молекулярные материалы для электроники: структурная организация на поверхности подложки" (2009-2010) с Gebze Institute of Technology, Gebze, Turkey.
- 13) Грант немецкого фонда DFG PE 546/4-1 "Исследование структурных и электронных свойств пленок летучих фталоцианинов металлов" (2008 –2010) с Physical and Theoretical Chemistry, University of Tübingen, Germany.
- 14) Совместный грант NATO, Ref. No. CBP.NR.NRCLG. 983171 (2008-2009) «Разработка новых оптических сенсоров для определения пестицидов с воде».
- 15) eMAT Technology LLC, USA, 2008 г.: осаждение тонких пленок Ru методом ALD, синтез и поставка аллильных производных $\text{Ru}(\text{II})$.
- 16) Международные проекты Royal Society 2005/R2 (2006-2007) "Молекулярные нанотрубки для применения в биосенсорах" с Queen Mary, University of London.
- 17) US company "Ultramet", 1995 г.: синтез и поставка бета-дикетонатов благородных металлов.
- 18) US company "Ultramet", 1998-2000 гг.: осаждение коррозионностойких Ir , Pt , Ru покрытий методом MOCVD.

4.3) Международное сотрудничество осуществляется со следующими зарубежными коллегами

- 1) Dr. Aseel Hassan, Sheffield Hallam University, Sheffield.
- 2) Prof. Vefa Ahsen, Prof. Mahmut Durmus, Prof. Ayse G. Gürek, Gebze Technical University, Gebze, Turkey.
- 3) Prof. Ludovico Valli, Università degli Studi di Lecce, Italy.

- 4) Prof. Dr. Thomas Chassé, Institute of Physical and Theoretical Chemistry, University of Tübingen, Germany.
- 5) Prof. Mark I. Stockman, Prof. Vladimir P. Zharov, Center for Nano-Optics and Department of Physics and Astronomy, Georgia State University, Peachtree Center Ave., Atlanta, GA 30302, USA.
- 6) Dr. Constantin Vahlas, CIRIMAT, ENSIACET, 4, allée Emile Monso, BP-44362, 31030 Toulouse Cedex 4, France.

5) Основные публикации Лаборатории за 2012-2017 гг.

5.1) Публикации в международных журналах

1. E.I. Galanzha, R. Weingold, D.A. Nedosekin, M. Sarimollaoglu, J. Nolan, W. Harrington, A.S. Kuchyanov, R.G. Parkhomenko, F. Watanabe, Z. Nima, A. Biris, A.I. Plekhanov, M.I. Stockman, Vladimir P. Zharov, Spaser as a Biological Probe, *Nature Communication* 2017 (принята в печать) (IF 11.329).
2. T. Basova, A. Hassan, M. Durmuş, A.G. Gürek, V. Ahsen, Liquid crystalline metal phthalocyanines: structural organization on the substrate surface, *Coord. Chem. Rev.* 310 (2016) 131–153 (IF 12.994).
3. Tsargorodska A., El Zubir O., Darroch B., Cartron M., Basova T., Hunter C.N., Nabok A., Leggett G. “Fast, Simple, Combinatorial Routes to the Fabrication of Reusable, Plasmonically Active Gold Nanostructures by Interferometric Lithography of Self-Assembled Monolayers” // *ACS Nano* 2014. V. 8. P. 7858–7869 (IF 13.334).
4. Gülmez A.D., Polyakov M.S., Volchek V.V., Tuncel Kostakoğlu S., Esenpinar A.A., Basova T.V., Durmuş M., Gürek A.G., Ahsen V., Banimuslem H., Hassan A. Tetrasubstituted copper phthalocyanines: Correlation between liquid crystalline properties, films alignment and sensing properties, *Sensors Actuators B*, 241, 2017, P. 364-375 (IF 4.758).
5. Parkhomenko R.G., Sukhikh A.S., Klyamer D.D., Krasnov P.O., Gromilov S.A., Kadem B., Hassan A.K., Basova T.V. Thin films of unsubstituted and fluorinated palladium phthalocyanines: structure and sensor response toward ammonia and hydrogen, *J. Phys. Chem. C*, 121(2), 2017, 1200–1209 (IF 4.509).
6. Basova T.V., Mikhaleva N.S., Hassan A.K., Kiselev V.G. «Thin Films of Fluorinated 3d-Metal Phthalocyanines as Chemical Sensors of Ammonia: an Optical Spectroscopy Study» // *Sensors and Actuators B* 2016. V. 227. P. 634-642 (IF 4.758)
7. Polek M., Latteyer F., Basova T.V., Petraki F., Aygül U., Uihlein J., Nagel P., Merz M., Schuppler S., Chassé T., Peisert H. Chemical Reaction of Polar Phthalocyanines on Silver: Chloroaluminum Phthalocyanine and Fluoroaluminum Phthalocyanine, *J. Phys. Chem. C*, 120, 2016, P. 24715-24723 (IF 4.509).
8. Basova T.V., Parkhomenko R.G., Polyakov M., Gürek A.G., Atilla D., Yuksel F., Ryabchikova E.I., Kadem B.Y., Hassan A.K. «Effect of dispersion of gold nanoparticles on the properties and alignment of liquid crystalline copper phthalocyanine films» // *Dyes Pigments* 2016. V.125. P. 266-273. (IF 4.055)
9. Zherikova K.V., Svetlov A.A., Kuratieva N.V., Verevkin S.P. “Structure–property relationships in halogenbenzoic acids: Thermodynamics of sublimation, fusion, vaporization and solubility” // *Chemosphere*. 2016. V. 161. P. 157-166. (IF 3.698).
10. Polyakov M.S., Basova T.V., Göksel M., Şenocak A., Demirbaş E., Durmuş M., Kadem B., Hassan A., Effect of covalent and non-covalent linking of zinc(II) phthalocyanine functionalised carbon nanomaterials on the sensor response to ammonia, *Synth. Met.* 227 (2017) 78–86 (IF 2.299).
11. M.A. Bespyatov, I.S. Cherniaikin, K.V. Zherikova, V.N. Naumov, I.K. Igumenov, N.V. Gelfond, N.B. Morozova, “Low-temperature heat capacity of tetrakis(2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptanedionato)zirconium”, *J. Chem. Thermodynamics*, 2017, V.110, P. 171–174 (IF 2.196)

12. Plekhanov A.I., Basova T.V., Parkhomenko R.G., Gürek A.G., Nonlinear optical properties of lutetium and dysprosium bisphthalocyanines at 1550 nm with femto- and nanosecond pulse excitation, *Optical Materials* 64, 2017, 13-17 (IF 2.18).
13. S.I. Dorovskikh, E.S. Vikulova, N.S. Nikolaeva, A.D. Shushanyan, R.G. Parkhomenko, N.B. Morozova, T.V. Basova, Hybrid Film Structures Based on Palladium Layers and Metal Phthalocyanines, *Sci. Adv. Mater.* 9, 2017, 1087-1092 (IF 1.812).
14. P.O. Krasnov, N.S. Mikhaleva, A.A. Kuzubov, N.S. Nikolaeva, G.I. Zharkova, L.A. Sheludyakova, N.B. Morozova, T.V. Basova, Prediction of the relative probability and the kinetic parameters of bonds breakage in the molecules of palladium MOCVD precursors // *J. Mol. Struct.* 2017. V. 1139. P. 269-274 (IF 1.780).
15. A. Hassan, H. Banimuslem, T. Basova, A.D. Gülmez, M. Durmus, A.G. Gürek, V. Ahsen, Surface interaction of copper phthalocyanine modified single walled carbon nanotubes with pesticides, *Sensors Actuators B* 224 (2016) 780–788 (IF 4.758).
16. M. Evyapana, B. Kadem, T.V. Basova, I.V. Yushina, A.K. Hassan, Study of the sensor response of spun metal phthalocyanine films to volatile organic vapors using surface plasmon resonance, *Sensors Actuators B* 236 (2016) 605–613 (IF 4.758).
17. B.Y. Kadem, A.K Hassan, M. Göksel, T. Basova, A. Şenocak, E. Demirbaş, M. Durmuş, High performance ternary solar cells based on P3HT:PCBM and ZnPc-hybrids, *RSC Adv.* 6 (2016) 93453–93462. (IF 3.289).
18. Klyamer D.D., Sukhikh A.S., Krasnov P.O., Gromilov S.A., Morozova N.B., Basova T.V. «Thin films of tetrafluorosubstituted cobalt phthalocyanine: Structure and sensor properties» // *Appl. Surf. Sci.* 2016. V. 372. P. 79-86. (IF 3.150)
19. Reschke Th., Zherikova K.V., Verevkin S.P., Held Ch. “Benzoic acid and chlorobenzoic acids: thermodynamic study of the pure compounds and binary mixtures with water” // *J. Pharm. Sci.* 2016. V. 105. P. 1050-1058. (IF 2.641)
20. Krisyuk V.V., Baidina I.A., Turgambaeva A.E., Urkasym kyzy S., Korolkov I.V., Koretskaya T.P., Igumenov I.K. “Structure and thermal properties of Pb(II) complex with functionalized β -diketonate” // *J. Organomet. Chem.* 2016. V. 819. P. 115-119. (IF 2.336)
21. Zherikova K.V., Zelenina L.N., Chusova T.P., Gelfond N.V., Morozova N.B. “Thermodynamic study of sublimation, melting and vaporization of scandium(III) dipivaloylmethanate derivatives” // *J. Chem. Thermodyn.* 2016. V. 101. P. 162-167. (IF 2.196)
22. M.A. Bespyatov, T.M. Kuzin, V.N. Naumov, E.S. Vikulova, I.Yu. Ilyin, N.B. Morozova, N.V. Gelfond, “Low-temperature heat capacity of Ir(C₅H₇O₂)(C₈H₁₂)”, *J. Chem. Therm.*, 2016, V. 99, P. 70–74 (IF 2.196)
23. Zherikova K.V., Zelenina L.N., Pishchur D.P., Emel'yanenko V.N., Shoifet E., Schick Ch., Verevkin S.P., Gelfond N.V., Morozova N.B. “Thermochemical study of rhodium(III) acetylacetonate” // *J. Chem. Thermodyn.* 2016. V. 102. P. 442-450 (IF 2.196).
24. B. Kadem, M. Göksel, A. Şenocak, E. Demirbaş, D. Atilla, M. Durmuş, T. Basova, K. Shanmugasundaram, A. Hassan, Effect of covalent and non-covalent linking on the structure, optical and electrical properties of novel zinc(II) phthalocyanine functionalized carbon nanomaterials, *Polyhedron* 110 (2016) 37–45 (IF 2.108).
25. Babailov S.P., Stabnikov P.A., Korolkov I.V., Pervukhina N.V., Koshcheeva O.S., Chuikov I.P. “Structure and paramagnetic properties of tris-pivaloyltrifluoroacetate thulium(III) complexes with 18-crown-6 by X-ray analysis and NMR” // *Polyhedron.* 2016. V. 105. P. 178-185. (IF 2.108)
26. Zherikova K.V., Svetlov A.A., Varfolomeev M.A., Verevkin S.P., Held Ch. “Thermochemistry of halogenobenzoic acids as an access to PC-SAFT solubility modeling” // *Fluid Phase Equilib.* 2016. V. 409. P. 399-407. (IF 1.846)

27. Bespyatov M.A., Kuzin T.M., Naumov V.N., Zharkova G.I., Gelfond N.V., Dorovskikh S.I., Morozova N.B. «Low-temperature thermodynamic properties of Pt(C₅H₇O₂)₂» // J. Therm. Anal. Calorim. 2016. V. 123(1). P. 899-903. (IF 1.781)
28. G.A. Selivanova, E.V. Tretyakov, E.V. Amosov, I.Yu. Bagryanskaya, V.G. Vasiliev, E.V. Vasilyev, V.D. Tikhova, E.V. Karpova, T.V. Basova, D.V. Stass, V.D. Shteingarts, X-ray induced phase transitions in 4-((4-(dibutylamino)phenyl)diazanyl)-biphenyl-2,30,40 –tricarbonitrile, J. Mol. Struct. 1107 (2016) 242-248 (IF 1.780).
29. Vikulova E.S., Ilyin I.Yu., Karakovskaya K.I., Piryazev D.A., Turgambaeva A.E., Morozova N.B. «Volatile iridium(I) complexes with β-diketones and cyclooctadiene: syntheses, structures and thermal properties» // J. Coord. Chem. 2016. V. 69 No. 15. P. 2281-2290. (IF 1.756)
30. Kryuchkova N. A., Stabnikov P.A., Kalinkin A.V., Fursova E.Yu. “An X-ray photoelectron spectroscopy and quantum chemical study of copper(II)-diketonates and Cu(hfa)₂ complexes with imidazolineligands” // J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. 2016. V. 212. P. 11–20. (IF 1.561)
31. Dorovskikh S.I., Hairullin R.R., Sysoev S.V., Kriventsov V.V., Panin A.V., Shubin Y.V., Morozova N.B., Gelfond N.V., Korenev S.V. “MOCVD growth and study of magnetic Co films” // Surface Engineering. 2016. V. 32(1). P. 8-14. (IF 1.081)
32. Banimuslem H., Hassan A., Basova T., Esenpınar A.A., Tuncel S., Durmuş M., Gürek A.G., Ahsen V. “Dye-modified carbon nanotubes for the optical detection of amines vapours” // Sensors Actuators B 2015. V. 207. P. 224–234 (IF 4.758).
33. Basova T.V., Hassan A., Krasnov P.O., Gürol I., Ahsen V. “Trimethylamine Sorption into Thin Layers of Fluoroalkyloxy and Alkyloxy Substituted Phthalocyanines: Optical Detection and DFT Calculations,” // Sensors Actuators B, 2015. V. 216. P. 204–211 (IF 4.758).
34. Adler H., Paszkiewicz M., Uihlein J., Polek M., Ovsyannikov R., Basova T., Chassé T., Peisert H. “Interface Properties of VOPc on Ni(111) and Graphene/Ni(111): Orientation Dependent Charge Transfer” // J. Phys. Chem. C 2015, V. 119, N 16. P. 8755–8762 (IF 4.509).
35. Basova T.V., Parkhomenko R.G., Krasnov P.O., Igumenov I.K., Kadem B., Hassan A.K. “Gold(III) phthalocyanine chloride: Optical and Structural Characterization of Thin Films” // Dyes Pigments 2015. V.122. P. 280-285. (IF 4.055)
36. Vasilyev V.Yu., Morozova N.B., Basova T.V., Igumenov I.K., Hassan A.K. “Chemical Vapour Deposition of Ir-based coatings: chemistry, processes and applications” // RSC Advances, 2015, V. 5. P. 32034-32063 (обзор) (IF 3.289).
37. Krisyuk V.V., Baidina I.A., Turgambaeva A.E., Nadolinny V.A., Kozlova S.G., Korolkov I.V., Duguet T., Vahlas C., Igumenov I.K. «Volatile heterobimetallic complexes from Pd(II) and Cu(II) beta-diketones: structure, magnetic anisotropy and thermal properties related to the chemical vapor deposition of Cu-Pd thin films» // ChemPlusChem. 2015. V. 80. P. 1457–1464 (IF 2.836).
38. Bespyatov M.A., Kuzin T.M., Naumov V.N., Gelfond N.V., Zherikova K.V., Morozova N.B. “Low-temperature heat capacity of Ru(C₅H₇O₂)₃” // J. Chem.I Thermodyn. 2015. V. 82. P. 9-11 (IF 2.196).
39. T.M. Kuzin, M.A. Bespyatov, V.N. Naumov, A.E. Musikhin, N.V. Gelfond, “Heat capacity and thermodynamic functions of ruthenium tris-acetylacetonate from 0 K up to the melting point”, Thermochemica Acta, 2015, V. 602, P. 49–52 (IF 1.938)
40. Verevkin S.P., Emel'yanenko V.N., Varfolomeev M.A., Solomonov B.N., Zherikova K.V., Melkhanova S.V. “Vaporization enthalpies of a series of the halogen-substituted fluorobenzenes” // Fluid Phase Equilib. 2015. V. 387. P. 160–168. (IF 1.846)
41. Verevkin S.P., Sazonova A.Yu., Emel'yanenko V.N., Zaitsau D.H., Varfolomeev M.A., Solomonov B.N., Zherikova K.V. “Thermochemistry of Halogen-Substituted Methylbenzenes” // J. Chem. Eng. Data. 2015. V. 60. P. 89–103 (IF 1.835).

42. Basova T.V., Jushina I.V., Ray A.K. "Influence of Post-deposition Annealing under magnetic field on the Structure of Phthalocyanine Thin Films" // *J. Mater. Sci.: Mater. Electron.* 2015. V. 26. P. 4716–4721 (IF 1.798).
43. N.I. Baklanova, V.V. Lozanov, N.B. Morozova, A.T. Titov "The effect of heat treatment on the tensile strength of the iridium-coated carbon fiber" // *Thin Solid Films.* 2015. V. 578, P.148-155 (IF 1.761).
44. Krisyuk V., Tkachev S., Baidina I., Korolkov I., Turgambaeva A., Igumenov I. "Volatile Pd-Pb and Cu-Pb heterometallic complexes: structure, properties and trans-to-cis isomerization under co-crystallization of Pd(II) and Cu(II) beta-diketonates with Pb(II) hexafluoroacetylacetonate" // *J. Coord. Chem.* 2015. V. 68. P. 1890-1901. (IF 1.756)
45. Turgambaeva A.E., Parkhomenko R.G., Krisyuk V.V., Igumenov I.K. "Volatile dimethylgold(III) complex with di-iso-butylidithiophosphinate ligand: synthesis, structure, thermal behavior in condensed and gas phase" // *J. Coord. Chem.* 2015. V. 68. P. 1878-1889. (IF 1.756)
46. Krisyuk V.V., Shubin Y.V., Senocq F., Turgambaeva A.E., Duguet T., Igumenov I.K., Vahlas C. "Chemical vapor deposition of Pd/Cu alloy films from a new single source precursor" // *J. Cryst. Growth.* 2015. V. 414. P. 130-134 (IF 1.462).
47. Parkhomenko R.G., Trubin S.V., Turgambaeva A.E., Igumenov I.K. "Deposition of pure gold thin films from organometallic precursors" // *J. Cryst. Growth.* 2015. V.414. P. 143–150 (IF 1.462).
48. Yu.V. Shevtsov, B.M. Kuchumov, V.N. Kruchinin, E.V. Spesivtsev, I.F. Golovnev, I.K. Igumenov "Features of Oxide Layer Formation in High-Aspect Slot Structures by Means of MOCVD" // *J. Cryst. Growth.* 2015. Vol.414. P. 135-142 (IF 1.462).
49. Banimuslem H., Hassan A., Basova T., Durmuş M., Tuncel S., Esenpınar A.A., Gürek A.G., Ahsen V. "Copper phthalocyanine functionalized single-walled carbon nanotubes: thin films for optical detection" // *J. Nanosci. Nanotechnol.* 2015. V.15. P. 2157-2167 (IF 1.338)
50. Dorovskikh S.I., Zharkova G.I., Zelenina L.N., Asanov I.P., Kal'nii D.B., Kokovkin V.V., Shubin Y.V., Basova T.V., Morozova N.B. MOCVD growth of Pt films using a novel Pt(IV) compound as a precursor // *Phys. Stat. Sol. C* 2015, V. 12. P. 1053-1059. (IF 0.830)
51. Krisyuk V., Koretskaya T., Turgambaeva, Trubin S., Korolkov I., Debieu O., Duguet T., Igumenov I., Vahlas C. "Thermal decomposition of tungsten hexacarbonyl: CVD of W-containing films under Pd codeposition and VUV assistance" // *Phys. Status Solidi C.* 2015. V. 12. P. 1047–1052 (IF 0.830).
52. Banimuslem H., Hassan A., Basova T., Gülmez A.D., Tuncel S., Durmuş M., Gürek A.G., Ahsen V. "Copper phthalocyanine/single walled carbon nanotubes hybrid thin films for pentachlorophenol detection" // *Sensors Actuators B* 2014. V. 190. P. 990-998 (IF 4.758).
53. Kaya E.N., Tuncel S., Basova T.V., Banimuslem H., Hassan A., Gürek A.G., Ahsen V., Durmuş M. "Effect of Pyrene Substitution on the Formation and Sensor Properties of Phthalocyanine-Single Walled Carbon Nanotube Hybrids" // *Sensors Actuators B.* 2014. V. 199. P. 277–283 (IF 4.758).
54. Verevkin S.P., Emel'yanenko V.N., Varfolomeev M.A., Solomonov B.N., Zherikova K.V., Melkhanova S.V. "Thermochemistry of Dihalogen-Substituted Benzenes: Data Evaluation Using Experimental and Quantum Chemical Methods" // *J. Phys. Chem. B.* 2014. V. 118. P. 14479–14492 (IF 4.509).
55. Tuncel S., Kaya E.N., Durmuş M., Basova T., Gürek A.G., Ahsen V., Banimuslem H., Hassan A. "Distribution of Single-Walled Carbon Nanotubes in Pyrene Containing Liquid Crystalline Asymmetric Zinc Phthalocyanine Matrix" // *Dalton Transactions.* 2014. V. 43. P. 4689–4699 (IF 4.177).
56. Basova T.V., Parkhomenko R.G., Igumenov I.K., Hassan A., Durmus M., Gürek A.G., Ahsen V. "Composites of liquid crystalline nickel phthalocyanine with gold nanoparticles: Liquid

- crystalline behaviour and optical properties" // *Dyes and Pigments*. 2014. V. 111. P. 58-63 (IF 4.055).
57. T.V. Basova, V.G. Kiselev, F. Latteyer, H. Peisert, T. Chassé, Molecular organization in the thin films of gallium(III) phthalocyaninechloride and its μ -(oxo)dimer: Optical spectroscopy and XPS study // *Applied Surface Science*. 2014. V. 322. P. 242–248 (IF 3.150).
58. Vikulova E.S., Zherikova K.V., Zelenina L.N., Trubin S.V., Sysoev S.V., Semyannikov P.P., Asanov I.P., Morozova N.B., Igumenov I.K. "Volatile caesium-containing compounds of Cs[Y(β -diketonato)4] type: thermal behavior in condensed and gas phases" // *J. Chem. Therm.* 2014. V. 69. P. 137-144 (IF 2.196).
59. Faris T., Basova T., Chaure N.B., Sharma A.K., Durmus M., Ahsen V., Ray A.K. "Effects of annealing on device parameters of organic field effect transistors using liquid-crystalline tetrasubstituted zinc phthalocyanine" // *EPL (Eur. Phys. Lett.)*. 2014. V. 106. P. 58002 (IF 1.963).
60. Bespyatov M.A., Chernyaikin I.S., Naumov V.N., Stabnikov P.A., Gelfond N.V. "Low-temperature heat capacity of Al(C₁₁H₁₉O₂)₃" // *Thermochimica Acta*. 2014. V.596. P.40–41 (IF 1.938).
61. N.I. Matskevich, A.N. Bryzgalova, E.S. Zolotova, M.Yu. Matskevich, M.A. Bespyatov, T. Wolf, T.I. Chupakhina, "Thermochemical investigation of δ -Bi₂O₃ doped by Re₂O₇ and Sm₂O₃", *Thermochimica Acta*, 2014, V. 575, P. 17-20 (IF 1.938)
62. Verevkin S.P., Emel'yanenko V.N., Varfolomeev M.A., Solomonov B.N., Zherikova K.V. "Vaporization enthalpies of a series of the fluoro- and chloro-substituted methylbenzenes" // *Fluid Phase Equilibria*. 2014. V. 380. P. 67–75 (IF 1.846).
63. Vikulova E.S., Zherikova K.V., Korolkov I.V., Zelenina L.N., Chusova T.P., Sysoev S.V., Alferova N.I., Morozova N.B., Igumenov I.K. "Thermal investigation of mixed-ligand magnesium complexes with beta-diketonates and diamines as potential MOCVD precursors" // *J. Therm. Anal. Calorim.* 2014. V. 118. N. 2. P. 849-856. (IF 1.781)
64. Belevantsev V.I., Ryzhikh A.P., Zherikova K.V., Morozova N.B. "Equilibriums in systems condensed substance – gas" // *J. Therm. Anal. Calorim.* 2014. V.115. N 2, P.1851-1856. (IF 1.781)
65. Shevtsov Y.V., Kuchumov B.M., Kruchinin V.N., Spesivtsev E.V., Golovnev I.F., Igumenov I.K. "Contactless Transfer of Image via the Gas Phase in a Thermoactivated Process" // *Technical Physics Letters*, 2014, V.40. N 9. P. 799-802 (IF 0.702).
66. Banimuslem H., Hassan A., Basova T., Yushina I., Durmuş M., Tuncel S., Esenpinar A.A., Gürek A.G., Ahsen V. "Copper Phthalocyanine Functionalized Single-Walled Carbon Nanotubes: Thin Film Deposition and Sensing Properties" // *Key Engineering Materials*. 2014. V. 605. P. 461-464 (IF 0.224).
67. Baklanova N.I., Morozova N.B., Kriventsov V.V., Titov A.T. "Synthesis and microstructure of iridium coatings on carbon fibers", *Carbon*, 2013, V.56, P.243-254 (IF 6.198).
68. S.P. Babailov, P.A. Stabnikov, E.N. Zapolotsky, V.V. Kokovkin "Lanthanides as NMR Probes of Fast Molecular Dynamics at High Magnetic Fields and Temperature Sensors: Conformational Interconversion of Erbium Ethylenediaminetetraacetate Complexes" // *Inorg. Chem.* 2013. V. 52. P.5564–5569 (IF 4.820).
69. Basova T., Kiselev V., Dubkov I., Latteyer F., Gromilov S., Peisert H., Chassé T. "Optical Spectroscopy and XRD Study of Molecular Orientation, Polymorphism, and Phase Transitions in Fluorinated Vanadyl Phthalocyanine Thin Films" // *J. Phys. Chem. C* 2013. V. 117. P. 7097-7106 (IF 4.509).
70. S.I. Dorovskikh, S.V. Trubin, E.S. Filatov, V.V. Kriventsov, S.G. Kozlova, Yu.V. Shubin, N.B. Morozova, I.K. Igumenov "Deposition of Ni thin films from Ni(II) β -diketonates derivatives with 1,3-diaminopropane" // *J. Phys. Chem. Solids*, 2013, V.74, P.1204–1211 (IF 4.509).

71. Latteyer F., Peisert H., Uihlein J., Basova T., Nagel P., Merz M., Schuppler S., Chassé T. "Aluminum phthalocyanine films: reaction and molecular orientation in thin films" // *Anal. Bioanal. Chem.* 2013. V. 405. P. 4895-4904 (IF 3.125).
72. V.V. Krisyuk, I.A. Baidina, T.V. Basova, L.G. Bulusheva, I.K. Igumenov Self-Assembly of Coordination Polymers from Volatile PdII and PbII β -Diketonate Derivatives through Metallophilic Interactions, *Eur. J. Inorg. Chem.* 2013, 5738–5745 (IF 2.686).
73. S.I. Dorovskikh, A.V. Alexeyev, N.V. Kuratieva, T.V. Basova, V.G. Kiselev, L.A. Sheludyakova, Yu.V. Shubin, N.B. Morozova, I.K. Igumenov "Three new O,N-coordinated Ni(II) complexes: Syntheses, crystal structures and MOCVD applications" // *J. Organomet. Chem.*, 2013, V.741-742, P.122-130. (IF 2.336)
74. Zadesenets A.V., Asanova T.I., Vikulova E.S., Filatov E.Y., Plyusnin P.E., Baidina I. A., Asanov I.P., Korenev S. V. Solid solutions of platinum (II) and palladium (II) oxalato-complex salt as precursors of nanoalloys // *J. Solid State Chem.* 2013. V. 199. P.71-77. (IF 2.265)
75. Basova T., Gürek A. G., Ahsen V., Ray A. "Electrochromic lutetium phthalocyanine films for in situ detection of NADH" // *Optical Materials* 2013. V. 35. P. 634-637. (IF 2.180).
76. G.I. Zharkova, S.I. Dorovskikh, S.V. Sysoev, I.P. Asanov, A.V. Panin, N.B. Morozova, I.K. Igumenov "O,N-coordinated Ni(II) beta-diketonate derivatives: Synthesis, thermal properties, MOCVD applications" // *Surf. Coat. Technol.*, 2013, V.230, P.290-296 (IF 2.139)
77. R.G. Parkhomenko, A.I. Plekhanov, A.S. Kuchyanov, S.V. Trubin, B.M. Kuchumov, I.K.Igumenov. Gold nanostructure formation in the photonic crystal matrix by means of MO CVD technique // *Surf. Coat. Technol.* 230 (2013), 279-283 (IF 2.139).
78. B.M. Kuchumov, T.P. Koretskaya, I.K. Igumenov, E.A. Maksimovskii, Yu.P. Voronov. Monitoring the microstructure of nanosized palladium layers obtained via thermal and VUV stimulated MOCVD // *Surf. Coat. Technol* 230 (2013), 266-272 (IF 2.139).
79. V.V. Krisyuk, I.A. Baidina, I.V. Korol'kov, P.P. Semyannikov, P.A. Stabnikov, S.V. Trubin, A.E. Turgambaeva. New volatile heteroleptic complex of copper(II): Comparison of two polymorphs. *Polyhedron* (2013) 49(1) 1-6 (IF 2.108).
80. G.I. Zharkova, S.V. Sysoev, A.E. Turgambaeva, I.K. Igumenov. Thermal behavior of a series of monomeric Ni(II) complexes with β -iminoketones // *Thermochimica Acta*, 260 (2013) 7-11 (IF 1.938).
81. R. Parkhomenko, A. Turgambaeva, N. Morozova, S. Trubin, V. Krisyuk, I. Igumenov New liquid precursors for metallorganic chemical vapour deposition of gold films, *Chemical Vapor Deposition*, 2013, 19, 38-44. (IF 1.789)
82. Belevantsev V.I., Ryzhikh A.P., Zherikova K.V., Morozova N.B. "Equilibria in systems condensed substance–gas. Additions to interpreting and processing tensimetric data" // *J. Therm. Anal. Calorim.* 2013 (IF 1.781).
83. Basova T.V., Kiselev V.G., Sheludyakova L.A., Yushina I.V. "Molecular organization in the thin films of chloroaluminium hexadecafluorophthalocyanine revealed by polarized Raman spectroscopy" // *Thin Solid Films* 2013. V. 548. P. 650-656 (IF 1.761)
84. Vikulova E.S., Zherikova K.V., Kuratieva N.V., Morozova N.B., Igumenov I.K. "Synthesis, structure and thermal properties of fluorinated cesium beta-diketonates" // *J. Coord. Chem.*, 2013, V.60(13). P.2235-2249 (IF 1.756).
85. Basova T., Hassan A., Gürek A.G., Ahsen V. "Anthracene doping effects on thin films properties of octakis(alkylthio) substituted lutetium bisphthalocyanine" // *J. Porphyrins Phthalocyanines* 2013. V. 17. P. 454-459 (IF 1.087).
86. Basova T., Hassan A. "Ammonia Sorption Studies into Thin Layers of Hexadecafluorinated Cobalt Phthalocyanine using Optical Techniques" // *J. Porphyrins Phthalocyanines* 2013. V. 17. P. 934–940 (IF 1.087).

87. Basova T., Esenpinar A.A., Tuncel S., Durmuş M., Gürek A.G., Ahsen V. "Thin Films of Liquid Crystalline Phthalocyanines and their Composites with Single-Walled Carbon Nanotubes: Properties and Alignment" // Key Engineering Materials 2013. V. 511-532. P. 337-341 (IF 0.224).
88. Belevantsev V.I., Zherikova K.V., Morozova N.B., Malkova V.I., Igumenov I.K. "Saturated vapor pressure of individual substance. Supplement to interpretations and procedures for processing experimental polythermal data" // J. Therm. Anal. Calorim. 2012. V. 107, N 3. P. 1331-1337. (IF 1.781)
89. Zherikova K.V., Zelenina L.N., Morozova N.B., Chusova T.P. "Thermal properties of volatile ruthenium(III) complexes" // J. Therm. Anal. Calorim. 2012. V. 108, N3. P. 1325-1329. (IF 1.781)
90. Dorovskikh S.I., Bykova E.A., Kuratieva N.V., Zelenina L.N., Shubin Yu.V., Morozova N.B., Igumenov I.K. "Synthesis, crystal structures and thermal behavior of Ni(pda)(hfac)₂ and Ni(pda)(thd)₂ as potential MOCVD precursors (pda-1,3-diaminopropane, hfac-1,1,1,5,5,5-hexafluoro-2,4-pentanedionato(-), thd-2,2,6,6-tetrametyl-3,5-heptanedionato(-))" // J. Organometallic Chem. 2012, V. 698, P. 22-27 (IF 2.336).
91. Vikulova E.S., Zherikova K.V., Zelenina L.N., Chusova T.P., Sysoev S.V., Shevtsov Yu.V., Zubareva A.P., Morozova N.B., Igumenov I.K. Comprehensive Approach for the Construction of New Material for Electronic Multipliers // Key Eng. Mater. 2012. V. 508. P. 215-219. (IF 0.224)

5.2) Публикации в российских журналах

92. Васильев В.Ю., Морозова Н.Б., Игуменов И.К. «Химическое осаждение рутений содержащих тонких пленок из газовой фазы» // Успехи Химии. 2014. Т. 83, № 8. С. 758-782. (обзор) (IF 2,583)
93. А. С. Сухих, Т. В. Басова, С. А. Громилов. Разработка методики рентгенографического исследования тонких слоев на примере фталоцианина кобальта // Журн. Структурн. Химии, 2016, 57(3), С. 648-651 (IF 0.536)
94. Семушкина Г.И., Мазалов Л.Н., Басова Т.В. «Экспериментальное и теоретическое изучение рентгеновских К-спектров поглощения углерода и азота в молекуле фталоцианина H₂Pc» // Журн. Структурн. Химии. 2016. Т.57. № 7. С.1408-1422 (IF 0.536).
95. Доровских С.И., Пирязев Д.А., Байдина И.А., Жаркова Г.И., Морозова Н.Б. «Строение и термические свойства триметил(пивалоил-трифторацетонато)пиридинплатины(IV)» // Журн. структур. химии. 2016. Т. 57(5). С. 1101-1103 (IF 0.536).
96. Игошкин А.М., Головнев И.Ф., Крисюк В.В., Игуменов И.К. «Структура тетрагидробората циркония Zr(BH₄)₄: Молекулярно-динамическое исследование» // Журн. структур. химии. 2016. Т. 57, № 6. С. 1108-1113 (IF 0.536).
97. Сысоев С.В., Наумов Д.Ю., Куратьева Н.В., Жерикова К.В., Громилов С.А., Морозова Н.Б., Кузин Т.М., Гельфонд Н.В. «Кристаллохимическое исследование трисдипивалоилметаната рутения(III)» // Журн. структур. химии. 2016. Т. 57, № 4. С. 865-867 (IF 0.536).
98. Байдина И.А, Жаркова Г.И., Пирязев Д.А. «Структура и свойства летучих изомеров бис(1,1,1-трифтор-5,5-диметилгексан-2,4-дионата)платины(II)» // Журнал структур. химии. 2016. Т. 57, № 6. С. 1226-1232 (IF 0.536).
99. Федосеев И.С., Викулова Е.С., Ильин И.Ю., Смоленцев А.И., Галлямов М.Р., Морозова Н.Б. «Кристаллическая структура (1,1,1-трифторо-5,5-диметилгексан-2,4-дионато)серебра (I)» // Журн. структур. химии. 2016. Т. 57, № 8. С. 1667-1670 (IF 0.536).
100. Викулова Е.С., Ильин И.Ю., Караковская К.И., Пирязев Д.А., Морозова Н.Б. Кристаллическая структура и термические свойства (1,1,1,5,5,5-гексафторопентатонато-2,4)(дикарбонил)иридия (I) // Журн. структур. химии. 2015. Т.56(6). С. 1250-1252 (IF 0.536).
101. Гельфонд Н.В., Крисюк В.В., Доровских С.И., Кальный Д.Б., Максимовский Е.А., Шубин Ю.В., Морозова Н.Б. «Формирование платиносодержащих покрытий для

- медицинского применения методом MOCVD» // Журн. структур. химии. 2015. Т. 56, № 6. С. 1253-1258 (IF 0.536).
102. Викулова Е.С., Доровских С.И., Шушанян А.Д., Куратьева Н.В., Стабников П.А., Зеленина Л.Н., Морозова Н.Б. «Синтез и строение бис-(1,1,1-трифтор-2-(метилимино)пентаноато-4)Cu(II). Термические свойства N-метилзамещенных β-иминокетонатов меди (II)» // Журн. структур. химии. 2015. Т. 56, № 8. С. 1673–1677 (IF 0.536).
103. Семушкина Г.И., Мазалов Л.Н., Лаврухина С.А., Басова Т.В., Гуляев Р.В. «Моделирование рентгеновских эмиссионных и фотоэлектронных спектров H₂Pc с помощью метода функционала плотности» // Журн. структур. химии. 2015. Т. 56, № 3. С. 556-564 (IF 0.536).
104. Бабайлов С.П., Стабников П.А., Куратьева Н.В., Никульшин П.А., Громилов С.А. «Кристаллическая структура пентафторацетанилида» // Журн. структур. химии. 2015. Т. 56, №6. С. 1239-1242 (IF 0.536).
105. В.В. Лозанов, Н.И. Бакланова, Н.Б. Морозова «Газофазное осаждение комплексных тугоплавких покрытий на углеродном волокнистом материале» // Журн. структур. химии. 2015. Т. 56, № 5. С. 958-965. (IF 0.536)
106. Юданова Л.И., Логвиненко В.А., Шелудякова Л.А., Юданов Н.Ф., Семянников П.П., Кожемяченко С.И., Корольков И.В., Рудина Н.А., Ищенко А.В. «Соли малеиновой кислоты Mn(II), Fe(II), Co(II), Ni(II) – прекурсоры для синтеза композитов металл-полимер» // Журн. Неорг. химии. 2014. Т. 59, № 10. С. 1420–1426. (IF 0.649)
107. Шевцов Ю.В., Кучумов Б.М., Кручинин В.Н., Спесивцев Е.В., Головнев И.Ф., Игуменов И.К. «Бесконтактный перенос изображения через газовую фазу в термически активированном процессе» // Письма в ЖТФ, 2014, Т. 40, Вып. 18, С. 8-15 (IF 0,583).
108. Семушкина Г.И., Мазалов Л.Н., Басова Т.В., Гуляев Р.В. «Исследование электронной структуры фталоцианина меди и его фторзамещенного аналога методом рентгеновской абсорбционной спектроскопии» // Журн. структур. химии. 2014. Т. 55. С. 252-260 (IF 0.536).
109. С.И. Доровских, Д.А. Пирязев, О.А. Плюснина, Л.Н. Зеленина, Н.Б. Морозова «Новые β-дикетонатные комплексы кобальта(II) с 1,3-диаминопропаном: синтез, структуры и термическое поведение» // Журн. структур. химии. 2014. Т. 54, №. 6. С. 34-42 (IF 0.536).
110. Соколов В.В., Коротаев Е.В., Перегудова Н.Н., Кучумов Б.М., Прозоров П.А., Топякова М.В., Мазалов Л.Н., Диков Ю.П., Булев М.И., Пичугин А.Ю., Филатова И.Ю., Бердинский А.С., Величко А.А. «Рентгеновские и Оже-микронные исследования кристаллов слоистых дисульфидов хрома-меди, допированных ванадием» // Журн. Структ. Химии. 2014. Т.55. № 5. С.898-900 (IF 0.536).
111. С.И. Доровских, Н. В. Куратьева, С. В. Ткачев, С.В. Трубин, П. А. Стабников, Н.Б. Морозова «Комплексы меди(II) с основаниями Шиффа: структуры и термическое поведение» // Журн. структур. химии. 2014. Т.54, №. 6. С. 11-34 (IF 0.536).
112. Стабников П.А., Кощеева О.С., Первухина Н.В., Жаркова Г.И. «Структура бис(2-метилимино-3-пентен-4-онато) никеля(II). Свойства кетоиминатов никеля(II)» // Журн. Структ. Химии. 2014. Т.55. С. 587-590 (IF 0.536).
113. Белая С.В., Баковец В.В., Лобзарева М.Н., Боронин А.И., Кощеев С.В., Корольков И.В., Стабников П.П. «Пленки оксидов тербия, полученные методом химического осаждения из паров диваловоилметаната тербия» // Неорганические материалы. 2014. Т. 50, N4. С. 410-417 (IF 0,510).
114. Юданова Л.И., Логвиненко В.А., Юданов Н.Ф., Рудина Н.А., Ищенко А.В., Семянников П.П., Шелудякова Л.А., Алферова Н.И., Корольков И.В. «Синтез композита медь/полимер термоллизом сукцината с Cu(II)» // Неорганические Материалы. 2014. Т. 50, № 9.С. 1022–1027 (IF 0,510).

115. Л.И. Юданова, В.А. Логвиненко, Н.Ф. Юданов, Н.А. Рудина, А.В. Ищенко, П.П. Семянников, Л.А. Шелудякова, Н.И. Алферова. Термолиз солей малеиновой кислоты Cu(II). Синтез композитов металл/полимер. // Коорд. Химия, 2013, Т.39, № 5, с.309-314 (IF 0,629).
116. Юданова Л. И., Логвиненко В. А., Юданов Н. Ф., Рудина Н. А., Ищенко А. В., Семянников П. П., Шелудякова Л. А., Алферова Н. И., Романенко А. И., Аникеева О. Б. Синтез композитов металл/полимер термолизом солей малеиновой кислоты Fe (II), Co (II) и Ni (II) // Неорганические Материалы, 2013, 49(10), С. 1138-1138.
117. Берёзин А.С., Надолинный В.А., Басова Т.В. "Исследование методом ЭПР причин влияния магнитного поля на димеризацию фталоцианинатоалюминий(III) хлорида и фталоцианинатогаллий(III) хлорида в пленочных структурах // Ж. Структ. Хим. 2013. Т. 54. N 3. С. 581-583 (IF 0.536)
118. П.А. Стабников, И.В. Корольков, В.В. Крисюк, И.А. Байдина. Исследование свойств и строение разнолигандных комплексов меди(II) с гексафторацетилацетоном и метил- и фенилкетонаминами // Журн. структур. химии, 54(1) 2013 130-135 (IF 0.536).
119. Викулова Е.С., Пирязев Д.А., Жерикова К.В., Алферова Н.И., Морозова Н.Б., Игуменов И.К. «Кристаллическая структура двух комплексов, содержащих трис-(β-дикетонато)магнат-анион» // Журн. структур. химии. 2013. Т. 54, № 5. С. 944-950 (IF 0.536).
120. Бадалян А.М., Поляков М.С., Каичев В.В., Надолинный В.А., Игуменов И.К. Образование "малоразмерных" летучих комплексов при осаждении пленок меди методом совмещенного синтеза-переноса // Неорг. мат. 2013. Т. 49, № 8. С. 833-838 (IF 0,510).
121. П.А. Стабников «Особенности синтеза летучих β-дикетонатов, β-кетоиминатов и β-дииминатов меди(II). Проблемы синтеза бис(2,2,6,6-тетраметил-3-метиламиногептан-5-оната) меди(II).» // Журн. Общей Химии. - 2013.- т.83.- №10.- с.1713-1721 (IF 0.481).
122. И. Ф. Головнев, Е. И. Головнева, В. М. Фомин, Б. М. Кучумов, И. К. Игуменов Новые модели тепло- и массообмена газа в нанопорах // Доклады академии наук, 2013, Т. 448, № 1, с. 1–5 (IF 0,473).
123. Ю. В. Шевцов, Б. М. Кучумов, А. Р. Семенов, И. К. Игуменов. Установка для импульсного химического осаждения слоев из газовой фазы // Приборы и техника эксперимента, 2013, № 3, с. 116–120 (IF 0,349).
124. Жерикова К.В., Морозова Н.Б. "Кристаллические структуры комплексов гафния(IV) и циркония(IV) с бета-дикетонами" // Журн. структур. химии. 2012. Т.53, №4. С. 771-777 (IF 0.536).
125. С.И. Доровских, Д.А. Пирязев, А.И. Смоленцев, Н.Б. Морозова "Кристаллическая структура бис-(1,1,1-трифтор-5,5-диметил-2,4-гександионата)-1,3-диаминопропан-никеля(II)" // Журнал структ. химии. 2012, Т 53, С. 615-617 (IF 0.536).
126. Гельфонд Н.В., Морозова Н.Б., Семянников П.П., Трубин С.В., Игуменов И.К., Гутаковский А.К., Латышев А.В. "Получение тонких пленок металлов платиновой группы методом импульсного МОСVD: I. Осаждение Ir слоев" // Журнал структурной химии. 2012. Т. 53, № 4. С. 725–734 (IF 0.536).
127. Морозова Н.Б., Гельфонд Н.В., Семянников П.П., Трубин С.В., Игуменов И.К., Гутаковский А.К., Латышев А.В. "Получение тонких пленок металлов платиновой группы методом импульсного МОСVD: II. Осаждение Ru слоев" // Журнал структурной химии. 2012. Т. 53, № 4. С. 735–743 (IF 0.536).
128. Б.Р. Чимитов, К.В. Жерикова, А.Н. Михеев, Г.И. Жаркова, Н.Б. Морозова, И.К. Игуменов, А.В. Аржанников, М.К.А. Тумм "Разработка и оптимизация методик синтеза трис-ацетилацетонатов рутения(III), родия(III) и бис-кетоимината палладия(II) с использованием микроволнового нагрева" // Известия Академии наук. Серия химическая, 2013, Т. 11. (IF 0,509)

5.3) Монография

129. Morozova N.B., Gelfond N.V., Igumenov I.K. «Chemistry and Applications of Volatile Metal-Organic Iridium Compounds» in «Iridium: Occurrence, Characteristics and Applications» // Eds: C. Fukui and M. Ono. Nova Science Publishers, Inc., New York, 2012. 186p. P. 1-38. ISBN 978-1-62081-681-3.

130. Кузнецов Ф.А., Воронков М.Г., Борисов В.О., Игуменов И.К., Каичев В.В., Кеслер В.Г., Кириенко В.В., Кичай В.Н., Косинова М.Л., Кривенцев В.В., Лебедев М.С., Лис А.В., Морозова Н.Б., Никулина Л.Д., Рахлин В.И., Румянцев Ю.М., Смирнова Т.П., Суляева В.С., Сысоев С.В., Титов А.А., Файнер Н.И., Цырендоржиева И.П., Чернявский Л.И., Яковкина Л.В. «Фундаментальные основы процессов химического осаждения пленок и структур для нанoeлектроники». Серия «Интеграционные проекты СО РАН». Под ред. Т.П. Смирновой. Издательство СО РАН, 2013. ISBN 978-5-7692-1272-7 (Вып. 37), 978-5-7692-0669-6.