

УДК 541.49:544.032.65

ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ НА ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ЗАСТЕКЛОВАННЫХ ПЛЕНОК АНИЗОМЕТРИЧНЫХ БЕТА-ДИКЕТОНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЕВРОПИЯ(III)

© 2021 г. Д. В. Лапаев^{1, *}, В. Г. Никифоров¹, В. С. Лобков¹, Р. М. Зиятдинова²,
А. А. Князев², Ю. Г. Галяметдинов^{1, 2}

¹Казанский физико-технический институт имени Е.К. Завойского –
обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки
“Федеральный исследовательский центр “Казанский научный центр Российской академии наук”, Казань, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
“Казанский национальный исследовательский технологический университет”, Казань, Россия

*E-mail: d_lapaev@mail.ru

Поступила в редакцию 05.07.2021 г.

После доработки 26.07.2021 г.

Принята к публикации 27.08.2021 г.

Из расплавов порошков трех анизометричных бета-дикетонатных комплексов европия(III) приготовлены застеклованные пленки. Показано, что варьирование ароматических, алициклических и алифатических заместителей в молекулярной структуре лигандов существенно влияет на степень температурной зависимости времени затухания люминесценции ионов Eu^{3+} , определяющей эксплуатационные параметры люминесцентных датчиков температуры на основе данных пленок.

DOI: 10.31857/S036767652112022X

ВВЕДЕНИЕ

Фотофизическая особенность координационных соединений европия(III) с ароматическими бета-дикетонатными лигандами заключается в эффективном поглощении световой энергии (как правило, в УФ-диапазоне) хромофорными группами лигандного окружения с переносом ее на ион Eu^{3+} и последующем излучении в виде монохроматической люминесценции с микросекундным временем затухания [1–3]. Относительно простой синтез данных соединений, коммерческая доступность различных модификаций бета-дикетонов и способность образовывать пленки с термочувствительными люминесцентными свойствами, определяют их высокую перспективность для создания пленочных сенсорных элементов (ПСЭ) люминесцентных термометров [4–8]. Сегодня очевидна растущая потребность таких термометров в современной молекулярной фотонике, микроэлектронике, медицине, биологии и различных областях промышленности [4–10].

Создание эффективных ПСЭ на основе бета-дикетонатных комплексов европия(III) требует решения ряда сопутствующих проблем. Они связаны с высокой кристаллизруемостью комплексов

[1, 2], поглощением света преимущественно в УФ-области [2, 4, 11–17], быстрой деградацией люминесценции под действием УФ-излучения [2, 11, 13–15, 1–19], а также необходимостью допирования комплексов в полимерные матрицы для повышения фотостабильности и защиты от кислорода [2, 4, 11–13].

Из-за проблем возбуждения люминесценции УФ светом во многих прикладных задачах активно ведутся работы по созданию новых бета-дикетонатных комплексов европия(III), способных эффективно поглощать свет в видимой области. Однако используемые для этого подходы [2, 4, 11, 13, 15, 18, 20] сопряжены с рядом технологических трудностей [2, 4, 11, 15, 18] и до конца не устраняют проблему низкой фотостабильности ПСЭ [15, 18, 19].

Используемый нами альтернативный подход к решению вышеотмеченных проблем базируется на синтезе бета-дикетонатных комплексов лантаноидов(III) с анизометричной геометрией [21–25]. Низкая кристаллизруемость, высокая термостабильность и пониженные температуры размягчения позволяют создавать из расплавов порошков данных соединений ПСЭ в виде застеклованных

пленок (ЗП), закрепленных между кварцевыми пластинами. При таком подходе не нужны растворители и фотостабилизирующие матрицы. ЗП отличаются сочетанием относительно яркой люминесценции с высокой пропускающей способностью на длинах волн выше 450 нм, полной защитой от кислорода, устойчивостью к фотодеструкции и уникальной способностью варьировать ширину поглощения путем изменения в процессе их приготовления толщины и скорости охлаждения расплавов [26–32].

Литературные данные [1–8] показывают, что варьирование ароматических, алициклических и алифатических заместителей бета-дикетонатных комплексов европия(III) кардинальным образом влияет на степень чувствительности времени затухания люминесценции к температуре, а, следовательно, и на эксплуатационные параметры ПСЭ. Понимание взаимосвязи между структурными особенностями комплексов и чувствительностью люминесцентных свойств к температуре очень важно для разработки ПСЭ с необходимыми эксплуатационными характеристиками.

В данной работе представлены результаты сравнительного анализа времен затухания люминесценции ионов Eu^{3+} в области 234–370 К трех различных образцов. В качестве первых двух образцов были использованы синтезированные и исследованные ранее ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-5})_3\text{phen}$ [27] и $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$ [31]. Третьим образцом была новая ЗП, для которой был разработан и синтезирован комплекс $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-\text{Ph}})_3\text{Vphen}$ [$\text{CPDK}_{3-\text{Ph}} - 1-(4-(4\text{-пропилциклогексил)фенил})-3\text{-фенилпропан-1,3-дион, Vphen} - 4,7\text{-дифенил-1,10-фенантролин}$]. Из структурных формул комплексов на рис. 1 видно, что первые два комплекса ($\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-5})_3\text{phen}$ и $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$) имеют одинаковые основания Льюиса и разные заместители бета-дикетонатов. Первый и третий комплексы ($\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-\text{Ph}})_3\text{Vphen}$ и $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-5})_3\text{phen}$), напротив, имеют близкие по структуре заместители бета-дикетонатов и разные основания Льюиса. Таким образом, выбранный ряд комплексов европия(III) позволяет оценить влияние особенностей молекулярной структуры анизометричных комплексов на эксплуатационные параметры приготовленных из них ПСЭ в виде ЗП.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Синтез полученных ранее комплексов $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-5})_3\text{phen}$ и $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$ описан в работах [27] и [31], соответственно. Синтез порошка комплекса $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-\text{Ph}})_3\text{Vphen}$ выполнен согласно процедуре, описанной в работах [21, 22, 24]. При интенсивном перемешивании к горячему

спиртовому раствору ($T = 351 \text{ K}$), содержащему 0.3 ммоль бета-дикетона $\text{CPDK}_{3-\text{Ph}}$, 0.1 ммоль phen, 0.3 ммоль КОН медленно по каплям прикапывали спиртовой раствор 0.1 ммоль $\text{EuCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Образовавшийся в результате реакции светло-желтый осадок выделяли горячей фильтрацией, промывали горячим спиртом, и высушивали в вакууме. ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-\text{Ph}})_3\text{Vphen}$ (толщиной около 20 мкм) приготовлена методом охлаждения из расплава, описанным в работах [27, 29, 31].

Спектр возбуждения люминесценции ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-\text{Ph}})_3\text{Vphen}$ при комнатной температуре зарегистрирован на спектрофлуориметре Varian Cary Eclipse. Спектр люминесценции данной пленки при комнатной температуре и кинетика люминесценции в диапазоне температур 234–370 К получены на оптическом спектрометре [33]. Для возбуждения люминесценции использовался импульсный азотный лазер ЛГИ-21 с длиной волны 337 нм, длительностью импульса 10 нс, частотой повторения импульсов 100 Гц и средней мощностью 2.1 мВт. В результате получена средняя мощность 0.17 мВт лазерного пучка на облучаемой поверхности пленки площадью 7 мм². Регистрация кинетических кривых люминесценции осуществлялась в условиях строгой фиксации геометрии образцов.

Эксперименты при $T = 234\text{--}293 \text{ K}$ проведены в криостате (окна из увиолевого стекла). Температура варьировалась с помощью системы продувки парами азота. Для контроля температуры использовался цифровой термометр Testo 735-2 (точность $\pm 0.3 \text{ K}$). Измерения в диапазоне $T = 299\text{--}370 \text{ K}$ выполнены с применением системы температурной стабилизации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Спектры возбуждения люминесценции (при регистрации $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_2$ перехода в области 612 нм) ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-5})_3\text{phen}$, $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$ и $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-\text{Ph}})_3\text{Vphen}$ представлены на рис. 2. Спектр ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-5})_3\text{phen}$ состоит из широкой полосы с максимумом на 398 нм [27, 29]. В случае ЗП $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$ спектр имеет два ярко выраженных пика с максимумами на длинах волн 335 и 402 нм [31, 32]. Спектр новой ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-\text{Ph}})_3\text{Vphen}$ подобен спектру ЗП $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$ с двумя широкими полосами (одна с максимумом на длине волны 336 нм, а другая с максимумом в области 400 нм), но отличается менее выраженной структурой. Важно отметить, что в спектрах возбуждения отсутствуют узкие пики, связанные с $4f\text{--}4f$ переходами иона Eu^{3+} . Это свидетельствует о его координации к лигандам и возбуждении через внутримолекуляр-

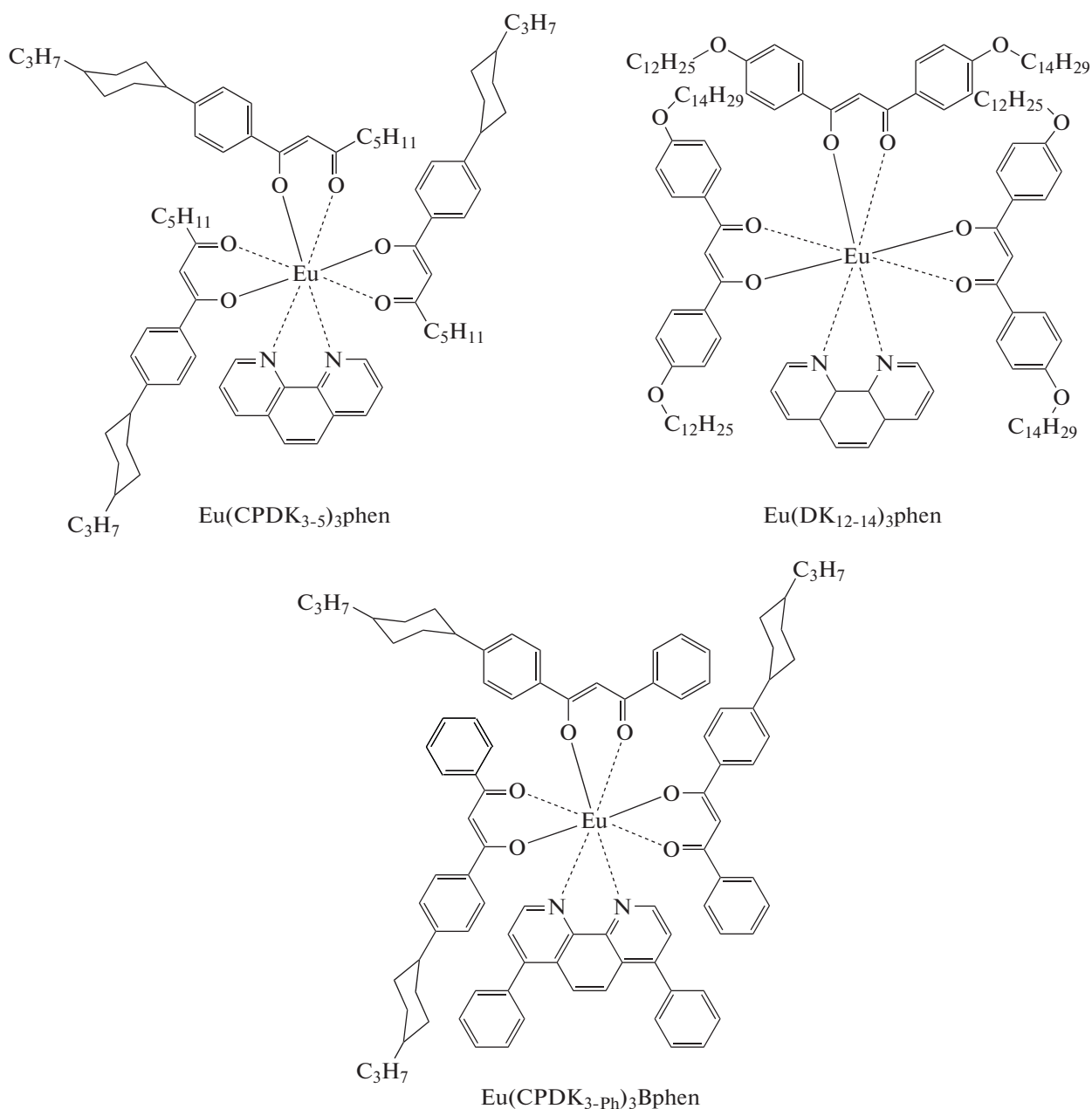


Рис. 1. Структурные формулы анизометричных бета-дикетонатных комплексов европия(III).

ный перенос энергии. Из спектров видно, что люминесценцию можно эффективно возбуждать источниками сине-фиолетового света с длиной волны, попадающей в область 390–425 нм.

При облучении ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-5})_3\text{phen}$, $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$ и $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-\text{Ph}})_3\text{Vphen}$ азотным лазером на длине волны 337 нм образцы демонстрируют типичную монохроматическую люминесценцию, соответствующую переходам ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_J$ ($J = 0-4$ в наших экспериментах) иона Eu^{3+}

[34] с максимумом в области 612 нм (см. рис. 2). Отсутствие в спектрах люминесценции всех трех ЗП лигандных полос в области 450–720 нм указывает на высокую эффективность внутримолекулярного переноса энергии от лигандов к ионам Eu^{3+} .

Для сравнительного анализа влияния особенностей молекулярной структуры комплексов $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-5})_3\text{phen}$, $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$ и $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-\text{Ph}})_3\text{Vphen}$ на температурную зависи-

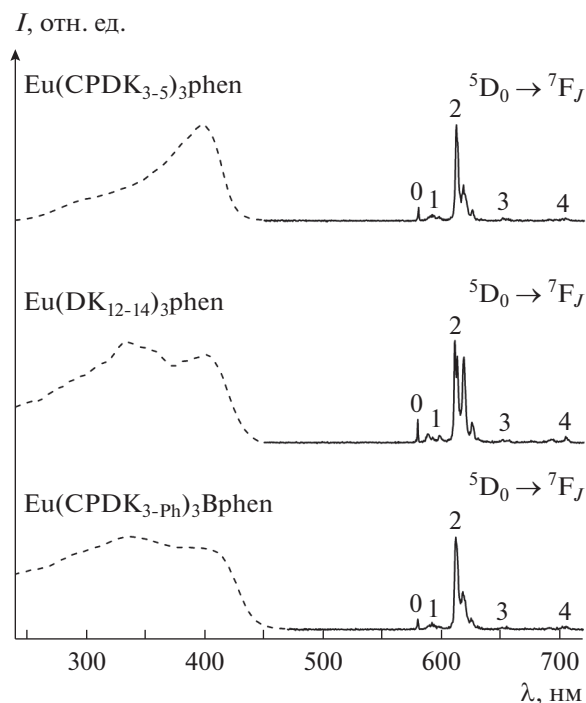


Рис. 2. Нормированные спектры возбуждения (пунктирная линия) и люминесценции (сплошная линия) застеклованных пленок анизометричных бета-дикетонатных комплексов европия(III) при комнатной температуре. Спектры для образцов $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3.5})_3\text{phen}$ и $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$ взяты из работ [27] и [31], соответственно.

мость люминесцентных свойств ионов Eu^{3+} в ЗП были зарегистрированы кинетические кривые люминесценции перехода ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_2$ в диапазоне $T = 234\text{--}370$ К. Для их фитинга использовалась двух-экспоненциальная функция:

$$I(t) = A_1 \exp(-t/\tau_1) + A_2 \exp(-t/\tau_2), \quad (1)$$

где A_1 и A_2 – предэкспоненциальные факторы, τ_1 и τ_2 – короткоживущая и долгоживущая компоненты времени затухания люминесценции. Все кинетики для ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3.5})_3\text{phen}$ [27] и $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$ [31] имеют моно-экспоненциальный вид $A_2 \approx 0$. В случае ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-\text{ph}})_3\text{Vphen}$ оба фактора A_1 и A_2 имеют весомые значения, т.е. затухание люминесценции является двух-экспоненциальным.

На рис. 3 приведены зависимости времени затухания люминесценции от температуры для исследованных ранее ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3.5})_3\text{phen}$ [27], $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$ [31] и новой ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-\text{ph}})_3\text{Vphen}$. Величины средних времен затухания для ЗП

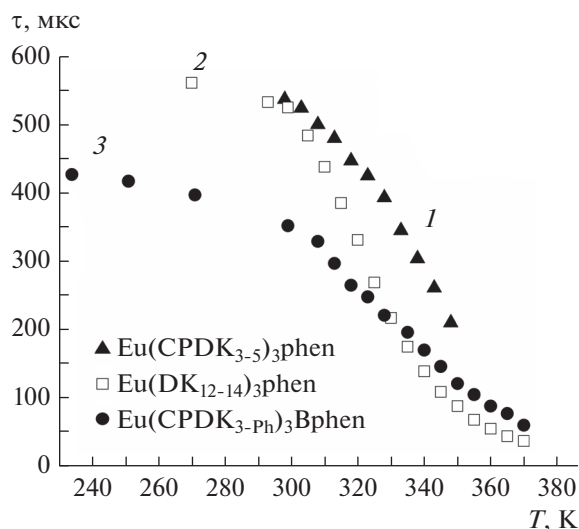


Рис. 3. Зависимость времени затухания люминесценции перехода ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_2$ от температуры для застеклованных пленок анизометричных бета-дикетонатных комплексов европия(III). Кривые 1 и 2 взяты из работ [27] и [31], соответственно.

$\text{Eu}(\text{CPDK}_{3-\text{ph}})_3\text{Vphen}$ определены согласно уравнению [35]:

$$\tau = \frac{A_1 \tau_1^2 + A_2 \tau_2^2}{A_1 \tau_1 + A_2 \tau_2}. \quad (2)$$

При температуре 298 К люминесценция ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3.5})_3\text{phen}$ характеризуется временем затухания 537 мкс [27]. Нагревание образца до температуры 348 К приводит к резкому сокращению времени затухания до 210 мкс. Рабочий интервал температур 298–348 К для ЗП $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3.5})_3\text{phen}$ был определен исходя из того, что охлаждение пленки до $T < 298$ К практически не изменяет время затухания, а при $T > 348$ К происходит ее расстеклование [27]. Комплекс $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$ отличается от комплекса $\text{Eu}(\text{CPDK}_{3.5})_3\text{phen}$ более выраженной анизометричностью геометрии за счет удлинения углеводородных заместителей в бета-дикетоне DK_{12-14} и добавлением фенильного кольца. Соответственно температура размягчения порошка комплекса повысилась до $T = 376$ К. Благодаря этому ЗП $\text{Eu}(\text{DK}_{12-14})_3\text{phen}$ выдерживает нагрев без расстеклования до температуры 373 К и позволяет расширить интервал рабочих температур до 370 К [31]. Интересно, что время затухания люминесценции ионов Eu^{3+} в данной ЗП демонстрирует заметную чувствительность к температуре в области 270–299 К. Величина времени затухания изменяется от 525 мкс при $T = 299$ К до

Таблица 1. Эксплуатационные параметры застеклованных пленок анизометричных бета-дикетонатных комплексов европия(III)

Сенсорная пленка	λ_{\max} , нм ^a	Рабочий интервал температур, К	Диапазон времени затухания, мкс ^b	τ_{ref} , мкс	$S_{\tau}^{(a)}$, мкс/К	$S_{\tau}^{(r)}$, %/К
Eu(CPDK ₃₋₅) ₃ phen	398	298–348	537–210	537 (298 К)	–6.5	–1.2
Eu(DK ₁₂₋₁₄) ₃ phen	402	270–370	561–37	561 (270 К)	–5.4	–1.0
Eu(CPDK _{3-Ph}) ₃ Vphen	400	234–370	427–60	427 (234)	–2.7	–0.6

Примечание. ^a Длина волны, соответствующая максимуму в спектре возбуждения люминесценции. ^b Диапазон времен затухания люминесценции, соответствующий рабочему интервалу температур.

561 мкс при $T = 270$ К. Нагревание пленки до $T = 370$ К сокращает время затухания до 37 мкс [31].

Новый комплекс Eu(CPDK_{3-Ph})₃Vphen отличается от исследованных ранее комплексов Eu(CPDK₃₋₅)₃phen [27] и Eu(DK₁₂₋₁₄)₃phen [31] иным основанием Льюиса и изменениями в заместителях бета-дикетона. По-видимому, данные структурные изменения ответственны за характерные отличия в температурной зависимости времени затухания люминесценции ионов Eu³⁺ в ЗП Eu(CPDK_{3-Ph})₃Vphen. При температуре 299 К среднее время затухания люминесценции 352 мкс этой ЗП короче времен затухания ЗП Eu(CPDK₃₋₅)₃phen [27] и Eu(DK₁₂₋₁₄)₃phen [31]. При охлаждении пленки ниже 299 К среднее время затухания начинает удлиняться и достигает значения 427 мкс при $T = 234$ К. Нагревание пленки выше комнатной температуры приводит к плавному сокращению времени затухания, достигающего значения 60 мкс при $T = 370$ К.

Таким образом, на основе данных, представленных на рис. 3, можно заключить, что варьирование молекулярной структуры лигандного окружения оказывает существенное влияние на эксплуатационные параметры ПСЭ на основе ЗП Eu(CPDK₃₋₅)₃phen [27], Eu(DK₁₂₋₁₄)₃phen [31] и Eu(CPDK_{3-Ph})₃Vphen (см. табл. 1). Как правило, для их оценки вводятся параметры абсолютной $S_{\tau}^{(a)}$ и относительной $S_{\tau}^{(r)}$ температурной чувствительности: $S_{\tau}^{(a)} = \partial\tau/\partial T$ и $S_{\tau}^{(r)} = (\partial\tau/\partial T)/\tau_{ref}$, где $\partial\tau$ –

изменение времени затухания люминесценции с изменением температуры ∂T ; τ_{ref} – время затухания люминесценции при данной температуре. С точки зрения прикладного использования важным свойством является обратимость изменения времени затухания люминесценции во всех трех ЗП, что определяет перспективность их использования в разработке многоцветных ПСЭ для люминесцентных термометров.

Обнаруженную вариацию зависимости параметров люминесценции от температуры мы связываем с различием локальных структур пленок, которое возникает благодаря межмолекулярным взаимодействиям разных ароматических, алициклических и алифатических заместителей. В свою очередь, это влияет на геометрию координационного узла и, как следствие, изменяет параметры процессов релаксации и переноса энергии между лигандами и ионами Eu³⁺.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ температурной зависимости времени затухания люминесценции ионов Eu³⁺ в ранее исследованных ЗП Eu(CPDK₃₋₅)₃phen [27], Eu(DK₁₂₋₁₄)₃phen [31] и новой ЗП Eu(CPDK_{3-Ph})₃Vphen в диапазоне $T = 234$ – 370 К дал возможность определить характеристические свойства новых люминофоров. СПЭ на основе ЗП Eu(CPDK₃₋₅)₃phen обладает рабочим интервалом температур 298–348 К и характеризуется средней температурной чувстви-

тельностью -6.5 мкс/К [27]. СПЭ на основе ЗП Eu(DK₁₂₋₁₄)₃phen обладает более широким диапазоном рабочих температур 270–370 К и при этом характеризуется довольно высокой величиной средней температурной чувствительности -5.4 мкс/К [31]. СПЭ на основе ЗП Eu(CРDK_{3-ph})₃Vphen способен работать в еще более широком диапазоне рабочих температур ($T = 234-370$ К) со средней температурной чувствительностью -2.7 мкс/К. Таким образом, нами показано, что вариация молекулярной структуры лигандов может быть использована для настройки чувствительности и рабочего диапазона температур СПЭ на основе предложенных нами ЗП.

Синтез комплексов лантаноидов и материалов на их основе выполнен при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 18-13-00112). Спектроскопические измерения проведены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 19-03-00635а и № 19-02-00569а). Обработка и анализ экспериментальных данных выполнены в рамках работы по теме государственного задания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Binnemans K.* Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths. V. 35. Amsterdam: Elsevier, 2005. P. 107.
2. *Binnemans K.* // Chem. Rev. 2009. V. 109. P. 4283.
3. *Brito H.F., Malta O.L., Felinto M.C.F.C., Teotonio E.E.S.* The chemistry of metal enolates. V. 1. Chap. 3. England: John Wiley & Sons Ltd., 2009. P. 131.
4. *Wang Xu-dong, Wolbeis O.S., Meier R.J.* // Chem. Soc. Rev. 2013. V. 42. P. 7834.
5. *Brites C.D.S., Balabhadra S., Carlos L.D.* // Adv. Optical Mater. 2018. Art. No. 1801239.
6. *Hasegawa Y., Kitagawa Y.* // J. Mater. Chem. C. 2019. V. 7. P. 7494.
7. *Li R., Xu F.-F., Gong Z.-L., Zhong Y.-W.* // Inorg. Chem. Front. 2020. V. 7. P. 3258.
8. *Bussche F.V., Kaczmarek A.M., Speybroeck V.V. et al.* // Chem. Eur. J. 2021. V. 27. P. 7214.
9. *Hemmer E., Acosta-Mora P., Méndez-Ramos J., Fischer S.* // J. Mater. Chem. B. 2017. V. 5. P. 4365.
10. *Moffhammer M., Brodersen K.E., Kühl M., Koren K.* // Microchim Acta. 2019. V. 186. P. 126.
11. *Khalil G.E., Lau K., Phelan G.D. et al.* // Rev. Sci. Instrum. 2004. V. 75. P. 192.
12. *Basu B.B.J., Vasantharajan N.* // J. Lumin. 2008. V. 128. P. 1701.
13. *Borisov S.M., Klimant I.* // Anal. Bioanal. Chem. 2012. V. 404. P. 2797.
14. *Mitsuishi M., Kikuchi S., Miyashita T., Amao Y.* // J. Mater. Chem. 2003. V. 13. P. 2875.
15. *Borisov S.M., Klimant I.* // J. Fluoresc. 2008. V. 18. P. 581.
16. *Kozak M., Kalota B., Tkaczyk S., Tsvirko M.* // J. Appl. Spectrosc. 2014. V. 81. P. 678.
17. *Mironov L.Yu., Evstropiev S.K.* // Opt. Eng. 2019. V. 58. Art. No. 027113.
18. *Borisov S.M., Wolfbeis O.S.* // Anal. Chem. 2006. V. 78. P. 5094.
19. *Ondrus V., Meier R.J., Klein C. et al.* // Sens. Actuators A. 2015. V. 233. P. 434.
20. *Yu J., Sun L., Peng H., Stich M.I.J.* // J. Mater. Chem. 2010. V. 20. P. 6975.
21. *Galyametdinov Yu.G., Knyazev A.A., Dzhabarov V.I. et al.* // Adv. Mater. 2008. V. 20. P. 252.
22. *Knyazev A.A., Galyametdinov Yu.G., Goderis B. et al.* // Eur. J. Inorg. Chem. 2008. P. 756.
23. *Knyazev A.A., Molostova E.Yu., Krupin A.S. et al.* // Liq. Cryst. 2013. V. 40. P. 857.
24. *Knyazev A.A., Krupin A.S., Molostova E.Yu. et al.* // Inorg. Chem. 2015. V. 54. P. 8987.
25. *Knyazev A.A., Karyakin M.E., Romanova K.A. et al.* // Eur. J. Inorg. Chem. 2017. P. 639.
26. *Lapaev D.V., Nikiforov V.G., Safiullin G.M. et al.* // J. Lumin. 2016. V. 175. P. 106.
27. *Lapaev D.V., Nikiforov V.G., Lobkov V.S. et al.* // Opt. Mater. 2018. V. 75. P. 787.
28. *Lapaev D.V., Nikiforov V.G., Lobkov V.S. et al.* // J. Mater. Chem. C. 2018. V. 6. P. 9475.
29. *Лапаев Д.В., Никифоров В.Г., Лобков В.С. и др.* // Изв. РАН. Сер. физ. 2019. Т. 83. № 12. С. 1635; *Lapaev D.V., Nikiforov V.G., Lobkov V.S. et al.* // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2019. V. 83. No. 12. P. 1475.
30. *Лапаев Д.В., Никифоров В.Г., Лобков В.С. и др.* // Опт. Спектр. 2019. Т. 126. № 1. С. 42; *Lapaev D.V., Nikiforov V.G., Lobkov V.S. et al.* // Opt. Spectrosc. 2019. V. 126. No. 1. P. 34.
31. *Lapaev D.V., Nikiforov V.G., Lobkov V.S. et al.* // J. Mater. Chem. C. 2020. V. 8. P. 6273.
32. *Лапаев Д.В., Никифоров В.Г., Лобков В.С. и др.* // Изв. РАН. Сер. физ. 2020. Т. 84. № 12. С. 1702; *Lapaev D.V., Nikiforov V.G., Lobkov V.S. et al.* // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 2020. V. 84. No. 12. P. 1444.
33. *Лапаев Д.В., Никифоров В.Г., Сафиуллин Г.М. и др.* // Журн. Структур. Хим. 2009. Т. 50. № 4. С. 809; *Lapaev D.V., Nikiforov V.G., Safiullin G.M. et al.* // J. Struct. Chem. 2009. V. 50. No. 4. P. 775.
34. *Binnemans K.* // Coord. Chem. Rev. 2015. V. 295. P. 1.
35. *Lakowicz J.R.* Principles of Fluorescence Spectroscopy. N.Y.: Kluwer Academic, 1999. 698 p.

**Impact of chemical structure on thermo-sensitive luminescent properties
of vitrified films based on anisometric europium(III) beta-diketonate complexes**

**D. V. Lapaev^{a,*}, V. G. Nikiforov^a, V. S. Lobkov^a, R. M. Ziyatdinova^b,
A. A. Knyazev^b, Yu. G. Galyametdinov^{a,b}**

^a *Zavoisky Physical-Technical Institute, Kazan Scientific Center of RAS, Kazan, 420029 Russia*

^b *Kazan National Research Technological University, Kazan, 420015 Russia*

**e-mail: d_lapaev@mail.ru*

We have prepared vitrified films from melt powders of three anisometric europium(III) beta-diketonate complexes. It is shown that variation of aromatic, alicyclic, and aliphatic substituents in the ligand structures strongly effects on temperature dependence of the Eu^{3+} ions luminescence decay time, which determines the operational parameters of luminescent temperature probes based on these films.