

УДК 535.37 + 004.942

**ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
С УЧАСТИЕМ КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ: ИССЛЕДОВАНИЕ  
ВНУТРИСФЕРНОГО ЛИГАНДНОГО ОБМЕНА В ЕВРОПИЕВОМ КОМПЛЕКСЕ****Арабей С.М.**, д.ф.-м.н., доцент, **Станишевский И.В.**, к.ф.-м.н., доцент  
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Фотоэлектрические преобразователи солнечной энергии находят все более широкое применение, поскольку используют возобновляемые источники энергии и являются «экологически чистыми». В настоящее время основной проблемой кремниевых солнечных элементов является увеличение их КПД и срока службы. Одним из путей повышения квантовой эффективности солнечных элементов является трансформация солнечного УФ излучения в видимую область спектра, где фотovoltaическая ячейка имеет более высокую чувствительность. Для этих целей широко используются координационные соединения, как активные компоненты композитных супрамолекулярных фотопреобразующих материалов [1]. Среди них самыми эффективными излучателями в красной области спектра являются комплексные соединения трехвалентного иона европия. В настоящей работе представлены результаты исследования спектрально-кинетических особенностей фотолюминесценции европиевого комплекса, внедренного в органический полимер.

Для изучения кинетических особенностей люминесценции европиевого комплекса использован метод характеристики метастабильных электронных состояний органических молекул описанный в работах [2, 3], который основан на анализе кинетики уменьшения и восстановления интенсивности их флуоресценции, возбуждаемой амплитудно-модулированным квазистационарным лазером. В дополнение к симуляции динамики наблюдаемых фотопроцессов в [4] реализована итерационная аппроксимация сложного немонотонного профиля кинетики люминесценции. Важной особенностью метода является возможность обнаружения и количественного описания всех фотопроцессов, протекающих в субмиллисекундном и более длительном диапазоне времен.

В данной работе разработанные методы изучения кинетики фотопроцессов использованы для получения информации о внутрикомплексных константах скоростей и скоростях лигандного обмена в четырехлигандном комплексе европий (III)-три(дибензоилметан)-трифенилфосфиноксид ( $\text{Eu}(\text{ДБМ})_3 \cdot \text{ТФФО}$ ).

На рисунке 1 изображена кинетика люминесценции  $\text{Eu}(\text{ДБМ})_3 \cdot \text{ТФФО}$  при двухступенчатом лазерном возбуждении, которая имеет сложный немонотонный профиль и заметно отличается от профиля лазерного импульса. Путем численных расчётов населённостей энергетических уровней в модели двух взаимосвязанных комплексов трехвалентного иона европия выполнена аппроксимация кинетической кривой. Максимальное соответствие между экспериментальными и смоделированными кривыми было получено с помощью итерационной аппроксимации, выполненной с привлечением алгоритма Нелдера-Мида. Расчёты позволили также получить численные значения констант скоростей и параметров модели. Такой подход для анализа кинетики был применен, по-видимому, впервые, и позволил, несмотря на значительно возросший объем расчетов, количественно обосновать интерпретацию полученных данных. Численные значения констант скоростей и параметров модели позволили сделать вывод о том, что в  $\text{Eu}(\text{ДБМ})_3 \cdot \text{ТФФО}$  имеет место изменение лигандного состава в основном и возбужденном состояниях [5]. Весомым доводом в пользу описанного механизма превращений служит тот факт, что при температуре 77К интенсивность люминесценции полностью повторяет профиль лазерного импульса фотовозбуждения. Очевидно, что при низкой температуре отсутствует лабильность молекул воды и лигандный состав комплекса остается неизменным.

Изменение лигандного состава является видом гидратной изомерии, в которой имеет место перераспределение молекул воды между внутренней и внешней координационной сферами при фотовозбуждении. Результаты исследований показали, что в возбужденном  $^5D_0$ -

состоянии комплекса происходит быстрый отрыв молекул воды от иона европия, что увеличивает квантовый выход люминесценции, и медленный процесс их обратного присоединения в основном  ${}^7F_2$ -состоянии.

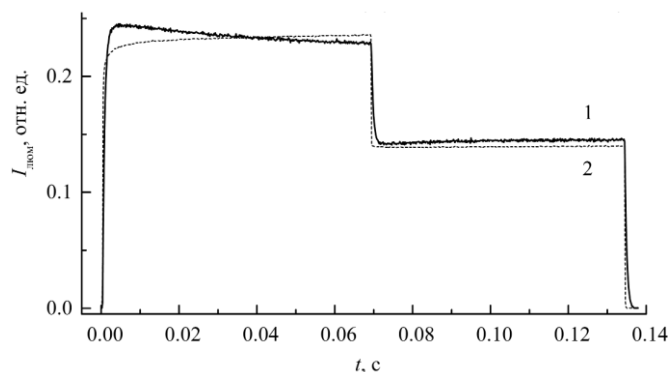


Рисунок 1 – Кинетика люминесценции  $\text{Eu}(\text{ДБМ})_3\text{ТФФО}$  в поликристалле при 298 К ( $\lambda_{\text{возб}} = 405$  нм,  $\lambda_{\text{рег}} = 618$  нм) (1). Профиль лазерного импульса фотовозбуждения (2).

Важно отметить, что координационные соединения на основе редкоземельных элементов играют не только важную роль при производстве «солнечной» электроэнергии, но и являются перспективными компонентами при разработке высокоэффективных электролюминесцентных светодиодов.

#### Литература

1. Konagai, M. Present Status and Future Prospects of Silicon Thin-Film Solar Cells / M.Konagai // Japanese Journal of Applied Physics – 2011. – Vol.50. – 030001/ DOI: 10.1143/JAP.50.030001.
2. Влияние нижнего триплетного состояния на кинетику уменьшения и восстановления интенсивности флуоресценции фотостойких органических флуорофоров /И.В. Станишевский [и др.] // Журн. прикл. спектр. – 2013. – Т.80, № 3. – С.368–372.
3. Характеризация  $T_1$ -состояния молекул порфиринов на основе численного моделирования кинетики уменьшения и возрастания интенсивности флуоресценции /И.В. Станишевский [и др.] // Опт. спектроск. – 2016. – Т.121, №5. – С.770–777.
4. И.В. Станишевский // Квантовая электроника: материалы XI Междунар. науч.-техн. конф., редкол.: М.М. Кугейко (отв. ред.) [и др.]. – Минск : РИВШ, 2017. – С. 42–43.
5. Исследование изменения лигандного состава хелата  $\text{Eu}^{3+}$  методами двухступенчатого лазерного возбуждения люминесценции и компьютерного моделирования кинетики / И.В. Станишевский [и др.] // Опт. спектроск. – 2019. – Т. 126, № 2. – С.134–141.

УДК 621.313

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК

Татарчук О.С.<sup>1</sup>, Кулаковский Д.А.<sup>2</sup>, Денисевич В.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>СООО «Евроавтоматика ФиФ», г. Лида, <sup>2</sup>БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

В повседневной жизни мы часто сталкиваемся со случаями отключения электрической энергии, пониженным или повышенным напряжением в сети, асимметрии напряжения, нарушением чередования фаз и прочими аварийными ситуациями. Это влечет за собой выход из строя промышленного и бытового электрооборудования.

Для повышения надежности электроснабжения объектов применяются блоки АВР. Блок АВР обеспечивает непрерывное питание и защиту потребителей в трёхфазной или однофазной сетях переменного тока.

Блок АВР контролирует параметры сети на 2-х вводах. При выходе параметров рабочей сети (основной ввод) за установленные пределы, Блок АВР переключит нагрузку на резервный ввод. Если задать основной ввод как приоритетный, то при восстановлении параметров сети Ввода 1, Блок АВР отключит резервный ввод и включит основной. Если параметры сети