

# ТОНКОПЛЕНОЧНОЕ ОРГАНО-НЕОРГАНИЧЕСКОЕ СВЕТОТРАНСФОРМИРУЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, АКТИВИРОВАННОЕ КОМПЛЕКСОМ ЕВРОПИЯ

*Арабей С.М., д.ф.-м.н., доц.*

*Станишевский И.В., к.ф.-м.н., доц.*

*Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск*

*Павич Т.А., к.х.н.*

*Институт физики им. Б.И.Степанова НАН Беларуси, г. Минск*

Решение глобального энергетического кризиса, с которым столкнулось человечество, требует параллельного решения экологических и природоохранных проблем. Новые технологии, эффективно использующие возобновляемые источники энергии (солнце, ветер, потоки и др.), как показала практика, являются «экологически чистыми» и относительно безопасными для окружающей среды. В частности, солнечная энергетика не производит вредных отходов во время активной фазы использования и является жизнеспособным долгосрочным решением энергетических проблем из-за избытка солнечного света, достигающего поверхности Земли.

Тем не менее, существующие в настоящее время коммерциализированные и появляющиеся полупроводниковые фотовольтаические элементы не способны эффективно преобразовывать все фотоны с энергией выше энергии запрещенной зоны, т.е. не способны к эффективному сбору квантов света всех длин волн, присутствующих в солнечном спектре, что не позволяет использовать в полной мере возможности конверсии световой солнечной энергии в электрическую [1]. Известно, что солнечный свет в области 300-500 нм, которая включает 18,5 % падающей солнечной мощности (или 9,4 % фотонов), используется неэффективно в кремниевых фотовольтаических ячейках. В этой связи, один из путей усиления эффективности работы ячейки может быть основан на использовании конверсии фотона, когда поглощенный УФ свет преобразуется свет видимого или ближнего ИК диапазона, когда высокоэнергетические фотоны преобразуются в фотоны близкие к энергии запрещенной зоны, что является главной стратегией улучшения эффективности работы фотовольтаических ячеек [2].

Идеальный светотрансформирующий материал для подобных целей должен иметь широкий спектр поглощения с высоким молярным коэффициентом экстинкции, квантовый выход люминесценции приближающийся к единице, большой Стоксов сдвиг максимумов полос поглощения и излучения, чтобы минимизировать потери реабсорбции, а также иметь высокую свето- и термостойкость. Этим требованиям в большей степени удовлетворяют комплексы редкоземельных элементов, в которых проявляется антенный эффект [3], когда скоординированные органические лиганды поглощают УФ свет и передают энергию на  $\text{Ln}^{3+}$  центр, излучающий фотоны «полезных» длин волн для фотовольтаической ячейки.

В настоящей работе сообщается о разработке и синтезе золь-гель методом гибридного органо-неорганического нанопористого винилтриэтоксисиланового

(ВТЭОС) тонкоплёночного покрытия, допированного комплексом европия(III) –  $\text{Eu}(\text{Br-БТФА})_3\text{ТФФО}$  (где ТФФО – трифенилфосфиноксид, Br-БТФА – бромпроизводный бензоилтрифторацетон.). Кроме ВТЭОС-пленки, спектрально-люминесцентные и фотофизические свойства комплекса европия были изучены в поликристаллическом мелкодисперсном состоянии и в спиртовом растворе.

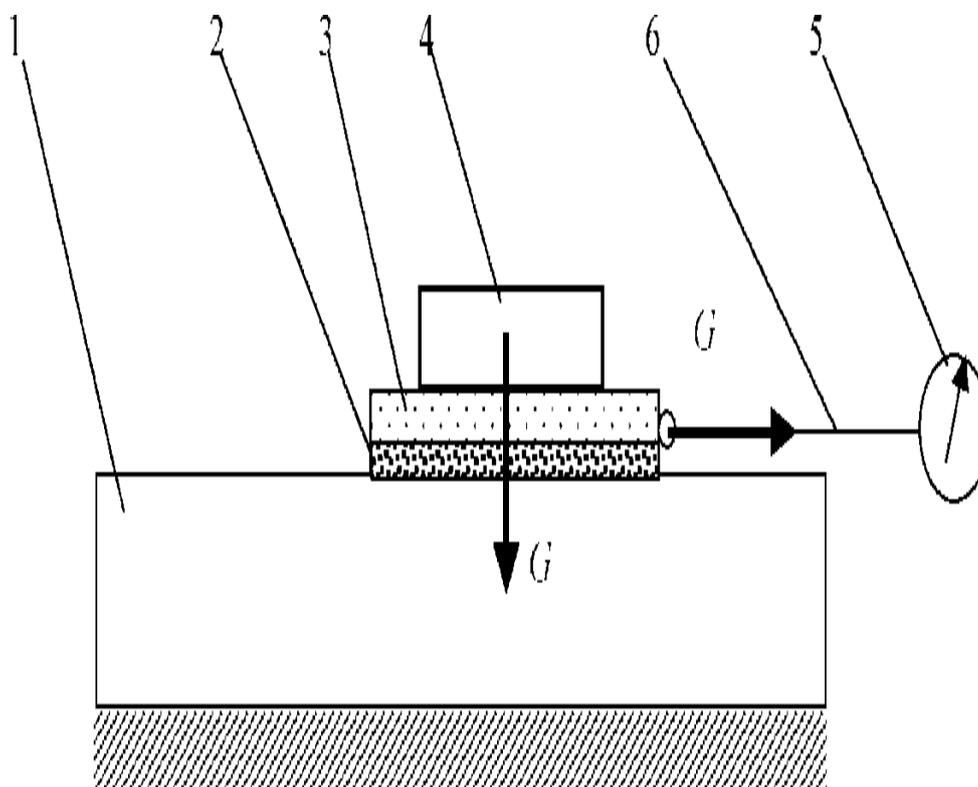


Рис. 1. Нормированные спектры поглощения в циклогексане при 298К (слева) и люминесценции ( $\lambda_{\text{возб}} = 280\text{-}390$  нм) в ВТЭОС гель-пленке при 4,2 К (справа)  $\text{Eu}(\text{Br-БТФА})_3\text{ТФФО}$ .

Спектр поглощения полученного материала не имеет полос в видимой и ближней ИК области (400-800 нм – прозрачная область), в то время как в УФ части спектра наблюдаются интенсивные полосы (рисунок 1, левая кривая), обусловленные  $n\text{-}\pi^*$  и  $\pi\text{-}\pi^*$  внутри- и межлигандными переходами. Спектр люминесценции  $\text{Eu}(\text{Br-БТФА})_3\text{ТФФО}$  при температуре 4,2 К внедренного в силикатную ВТЭОС гель-пленку (рисунок 1, правая кривая) проявляет характеристические переходы  ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_{0-4}$  европия (III). Сверхчувствительный  ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$  переход при 612 нм очень интенсивен, достигает до 80-90% общей интенсивности люминесценции и ответственный за красно-яркий цвет излучения. Одиночный пик  ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_0$  перехода, расположенный при  $\sim 580$  нм, указывает на присутствие одного типа центров в синтезированном материале. Как показывает анализ, материал имеет большой псевдостоксов сдвиг (более 200 нм), что полностью исключает процесс реабсорбции.

В работе детально обсуждаются фундаментальные спектрально-люминесцентные и физико-химические свойства силикатного органо-неорганического нанопористого тонкоплёночного ВТЭОС-покрытия, как

матрицы для внедрения комплекса европия, в первую очередь с точки зрения совместимости с требованиями фотовольтаических ячеек.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке БРФФИ (проект №Ф17-005).

#### Список использованных источников

1. B.S. Richards “Enhancing the performance of silicon solar cells via the application of passive luminescence conversion layers” // Sol. Energy Mater. Sol. Cells, 2006, Vol.90, No15, P. 2329-2337.

2. A. Gavriluta, T. Fix, A. Nonat, A. Slaoui, J.-F. Guillemoles, L.J. Charbonniere “Tuning the Chemical Properties of Europium Complexes as Downshifting Agents for Copper Indium Gallium Selenide Solar Cells”// J Mater Chem A, 2017, Vol 5, No 27, P.14031-14040.

3. J.-C.G. Bunzli, C. Piguet «Taking advantage of luminescent lanthanide ions» //Chem. Soc. Rev., 2005, Vol.34, P.1048-1077.

## **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ. ИЗУЧЕНИЕ СОНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ИНИЦИИРОВАННОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ УЛЬТРАЗВУКОМ**

*Бакланов А.Н., д.х.н., проф.*

*Учебно-научный профессионально-педагогический институт  
Украинской инженерно-педагогической академии (г. Бахмут)*

Экспрессность анализа поваренной соли, определяет возможности контролирующих органов вовремя среагировать на ее несоответствие действующим государственным стандартам. Следовательно, экспрессность анализа соли связана с безопасностью ее употребления.

Сонолюминесцентная спектроскопия является одним из наиболее экспрессных методов анализа рассолов – сырья для производства вакуум-выварочной, бассейновой и озерной поваренной соли. Однако, использование высокочастотного ультразвука частотой до 5 МГц для инициирования сонолюминесценции не изучено и в литературе нами не найдено.

Применяли сонолюминесцентный спектрометр на базе атомно-абсорбционного спектрометра ААС-3 (Германия). При этом вместо горелки или графитовой печи устанавливали реактор в который поочередно вводили магнитострикционные излучатели и пьезоэлектрические излучатели ультразвука. Магнитострикционные излучатели подключались к модернизированному ультразвуковому диспергатору УЗДН-1М, что позволяет создавать в изучаемых растворах ультразвуковые колебания частотой 18-47 кГц, интенсивностью от 0,05 до 25 Вт/см<sup>2</sup>. Пьезоэлектрические излучатели с рабочими частотами 1 - 5 МГц типа ЦТС–19М, изготовленные из цирконата титана–свинца с защитным покрытием из фторопласта подключались к ламповому генератору типа 24–УЗГИ–К–1,2М, позволяющему изменять частоты ультразвука от 50 кГц до 5,5 МГц, интенсивностью до 15 Вт/см<sup>2</sup>. Применяли серийно выпускаемые магнитострикционные излучатели с резонансной частотой 18, 26, 30, 44, 55 кГц и пьезоэлектрические с резонансной частотой 1, 2, 3, 4, 5 МГц производства компании «РЭЛТЕК» (Россия).