

Модуль выдачи токового управляющего сигнала выполнен обособленно в виде отдельной печатной платы и может синтезировать как токовый сигнал (например, пропорциональный количеству вредного газа в контролируемой среде и т.д.), так и сигнал на включение/отключение специализированного промышленного технологического оборудования, сигнализации и т.д. Модуль локального хранения данных конструктивно выполнен на плате центрального процессора и представлен в виде накопительной flash карты (SD-memory), которую затем, при отсутствие связи с верхним информационным уровнем можно либо считать удаленно, либо извлечь физически. Данный модуль также отвечает за согласование аппаратной части системы с программным обеспечением верхнего информационного уровня.

Литература

1. Юров В.М., Колесников В.А., Исмаилов Ж.Т., Байсагов Я.Ж. Термодинамика информационно-измерительных систем. - Монография. - Караганда: Изд-во Казахстанско-Российского ун-та, 2013. - 112 с.
2. Колесников В.А., Юров В.М. Перспективы проектирования и создания отечественных информационно-измерительных систем // Научное обозрение, 2013, №4. - С. 151-155.
3. Халенов О.С., Колесников В.А., Касымов С.С., Байсагов Я.Ж., Юров В.М. Композитные твердые электролиты на основе сульфата калия и их применение // Вестник КазНУ им. Аль-Фараби. Серия физическая., 2012, №2. - С. 35-39.
4. Колесников В.А., Халенов О.С., Касымов С.С., Байсагов Я.Ж. Информационно-измерительная система для анализа вредных газов // Материалы 8-й Международной научной конференции «Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент». - Караганда: Изд-во КарГУ, 2012. - С. 468 - 472.
5. Колесников В.А., Юров В.М. Метод аналогий и экономические аспекты проектирования информационно-измерительных систем // Фундаментальные исследования, 2013, №6. - С. 837-839

УДК 535.36; 535.37; 535.215

Е.В. СЕЛИВЕРСТОВА*, Н.Х. ИБРАЕВ

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОТОПРОВОДЯЩИХ ПОЛИМЕРОВ РАЗЛИЧНОГО СТРОЕНИЯ

Институт молекулярной нанопотоники, КарГУ им. Е.А. Букетов,
Караганда, Казахстан
E-mail: Genia_sv@mail.ru

The results of the study of the optical properties of conducting polymers - derivatives of PEPC with heavy atoms are presented. It is shown that a heavy atom in a polymeric molecular structure leads to hypsochromic shift of the absorption spectrum. Fluorescence spectra practically do not change their position. In the spectra of PEPC with heavy atoms there are several bands. The long-wavelength emission band with a maximum around 420 nm belongs to the emission of "sandwich" type excimers. Short-wave band at 380 nm is related to the eclipse type excimers. In the polymer films of PEPC excimers of first type are more effectively formed.

В настоящее время полупроводниковые полимеры активно используются как для изготовления устройств молекулярной электроники, в качестве проводников каналов [1], так и в устройствах хранения информации [2]. В последнее время наиболее популярной областью использования таких полимеров является органическая фотовольтаика. Т.к. полимерная пленка в таком солнечном элементе также может участвовать в поглощении света и генерации носителей заряда, то важным вопросом являются их оптические свойства используемых материалов.

Для исследования влияния структуры молекулы на поглощение и излучение света полимерными полупроводниками были выбраны поливинилкарбазол (ПВК), поли-N-эпоксипропилкарбазол (ПЭПК), и ПЭПК, модифицированный тяжелыми атомами – дийод-ПЭПК (2ИЭПК) и трибром-ПЭПК (3BrПЭПК). Предполагается, что тяжелые атомы в полимерном соединении будут усиливать спин-орбитальное взаимодействие в молекулах красителя [3]. Это позволит использовать долгоживущие триплет-возбужденные состояния молекул красителей для увеличения вероятности образования электрон-дырочных пар. Рост числа электрон-дырочных пар приведет к увеличению фототока. Структурные формулы исследуемых полимеров представлены на рисунке 1.

Пленки были приготовлены методом полива из растворов полимеров в хлороформе. Концентрация полимера в пленке была равна 7 %мас. Пленки наносили на подложки из нелюминесцирующего кварца. Хлороформ марки х.ч. дополнительно очищали методом перегонки. Спектры поглощения исследуемых полимеров были измерены на спектрофотометре Cary-300 (Agilent). Спектры флуоресценции были измерены на спектрофлуориметре Cary Eclipse (Agilent). Времена жизни возбужденного состояния молекул красителей измерялись с помощью импульсного спектрофлуориметра с пикосекундным разрешением с регистрацией в режиме время-коррелированного счета фотонов (Becker&Hickl, Germany). Для возбуждения образцов был использован лазер с $\lambda_{ген} = 375$ нм.

Спектры поглощения исследуемых полимеров расположены в виде широких полос в УФ области спектра (рисунок 1). Спектр поглощения совпадает с данными, приведенными другими авторами [4 – 6].

Край спектра поглощения ПВК приходится на 353 нм. В спектре можно выделить полосу поглощения с максимумами на 345 и 330 нм. Существование отдельных полос с максимумами на 295 и 345 нм являются частотами (00) перехода [4].

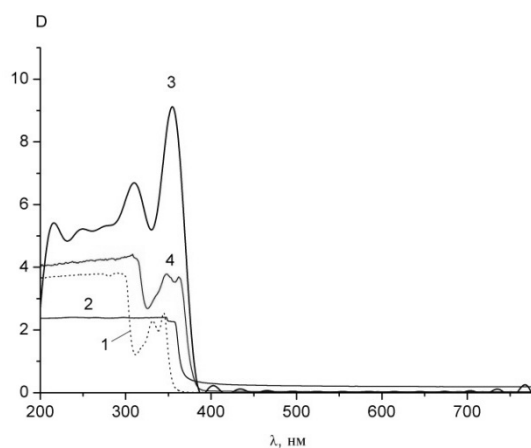


Рисунок 1 – Спектры поглощения полимерных пленок ПВК (1), ПЭПК (2), 2ПЭПК (3) и 3BrПЭПК (4)

Спектр поглощения ПЭПК батохромное сдвинут на 10 нм относительно поглощения ПВК (рисунок 2, кривая 2). В спектре также можно различить максимумы с длинноволнового края полосы поглощения – на 357 и 347 нм, которые не так явно выражены, как для остальных полимеров. Край полосы поглощения полимеров с тяжелыми атомами двинут относительно полосы ПВК на 30 нм в красную область спектра (рисунок 2, таблица 1). Поглощение у данных полимеров также выражено более интенсивно, чем для молекул ПЭПК, несмотря на то, что были нанесены одинаковые объемы растворов на подложки одной площади.

Таблица 1 – Спектральные параметры пленок полимеров

Полимер	ПВК	ПЭПК	2ПЭПК	3BrПЭПК
^a $\lambda_{1 \max}$, нм	345	355	354	362
^a $\lambda_{2 \max}$, нм	330	345	310	347
^a $\lambda_{3 \max}$, нм	296	–		310
^f λ_{\max} , нм	416	415	415	422
^f λ_{\max} , нм	502	390	382	390
$\Delta\lambda_{1/2}^f$, нм	92	63	–	55
τ_f , нс	42 [4]	4	1,1	1,6

В спектре поглощения 2ПЭПК и 3BrПЭПК также можно выделить отдельную полосу с максимумом около 410–420 нм. Характерно, что в молекуле 2ПЭПК колебательная структура длинноволновой полосы не выражена так, как в остальных полимерах.

Спектры флуоресценции полимерных пленок показаны на рисунке 2.

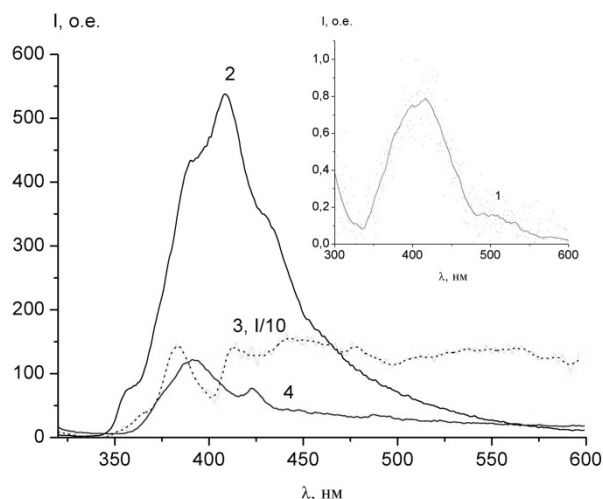


Рисунок 2 – Спектры флуоресценции полимерных пленок ПВК (1, $\lambda_{\text{в}} = 340$ нм), ПЭПК (2, $\lambda_{\text{в}} = 310$ нм), 2ПЭПК (3, $\lambda_{\text{в}} = 310$ нм) и 3BrПЭПК (4, $\lambda_{\text{в}} = 310$ нм). Интенсивность кривой 3 увеличена в 10 раз

Максимум полосы свечения ПВК приходится на 420 нм, в спектре можно выделить слабое плечо в области 500 нм. Спектр не имеет тонкой структуры, что обычно связывают с формированием эксимеров в молекулах ПВК. Излучение в этом случае является результатом излучательного распада двух эксимеров [4]. Длинноволновая полоса излучения с максимумом около 420 нм и временем жизни флуоресценции $\tau = 42$ нс принадлежит свечению эксимеров типа «сэндвич». Коротковолновая полоса на 380 нм связана с эксимерами частично эллипсного вида. Интенсивность полосы флуоресценции практически не зависит от длины волны возбуждения.

Более интенсивно данные полосы проявляются в производных ПВК. Так, максимум полосы флуоресценции ПЭПК приходится на 410 нм. С правой и с левой сторон максимума расположены также полосы свечения, проявляющиеся в виде плеч спектра флуоресценции (таблица 1). Интенсивность свечения пленки ПЭПК выше, чем для остальных полимеров. Это свидетельствует о том, что для данного соединения образование эксимеров типа «сэндвич» происходит более интенсивно. Вероятно, это связано с наличием в структуре атомов кислорода, которые усиливают взаимодействие между хромофорами полимера за счет электростатических сил.

Положение полосы свечения пленки 3BrПЭПК совпадает со спектром ПЭПК. В спектре можно различить 2 полосы – с максимумом на 390 нм и менее интенсивную на 420 нм. Сравнивая соотношения интенсивностей данных полос можно сделать вывод, что для данного полимера характерно образование эксимеров второго вида. Для полимера 2ПЭПК образование эксимеров и того, и другого вида равновероятно, о чем свидетельствует наличие в спектре отдельных полос свечения с максимумами на 380 и 415 нм. Интенсивность в максимуме флуоресценции убывает в ряду ПЭПК – 3BrПЭПК – 2ПЭПК.

Были измерены времена жизни флуоресценции пленок ПЭПК и его производных. Как показали измерения, затухание свечения полимера с тяжелыми атомами происходит быстрее, чем у полимера без них (таблица 1).

Сокращение времени жизни флуоресценции, также уменьшение интенсивности свечения полимеров в ряду ПВК – ПЭПК – 3BrПЭПК – 2ПЭПК связано с влиянием тяжелого атома, который, как известно, усиливает спин–орбитальное взаимодействие в органических люминофорах [5]. В результате увеличивается вероятность интеркомбинационной конверсии между синглетным и триплетным электронно–возбужденным состояниями. Это уменьшает заселенность первого возбужденного состояния S_1 . Поскольку атомный вес 2–х атомов йода больше, чем масса 3–х атомов брома, то влияние тяжелого атома выражено сильнее, что проявляется в низкой интенсивности свечения пленки 2ПЭПК.

Таким образом, показано, что тяжелый атом в структуре полимерной молекулы приводит к гипсохромному сдвигу спектра поглощения, а спектры флуоресценции практически не изменяют своего положения. Длинноволновая полоса излучения с максимумом около 420 нм принадлежит свечению эксимеров типа «сэндвич». Коротковолновая полоса на 380 нм связана с эксимерами частично эллипсного вида. В полимерных пленках ПЭПК более эффективно формируются эксимеры первого вида. Тяжелый атом изменяет соотношение полос эксимерной флуоресценции.

Данная работа выполнена в рамках научно-исследовательских грантов 0088/ПЦФ-14 и 1123/ГФ4, финансируемых Министерством образования Республики Казахстан.

Литература

1. Арсланов В.В. Полимерные монослои и пленки Ленгмюра–Блоджетт. Политиофены // Усп. хим. – 2000. – Т. 69, № 10. – С. 963–980.
2. Давиденко И.И. Информационные среды. – Киев: Киевский университет, 2010. – 280 с.
3. Мак–Глинн С., Адзуми Т., Киносита М. Молекулярная спектроскопия триплетного состояния. – М.: Мир, 1972. – 448 с.
4. Hari S.N. advanced functional molecules & polymers: electronic and photonic properties. – NY.: Taylor and Francis group, 2001. – 386 p.
5. Wang Zi–Han, Lee H., Cu H.–N. Energy transfer and dynamics studies of photoluminescence of polythiophene derivative in blend thin films // J. Appl. Phys. – 2012. – Vol. 111. – P. 023512 – 023518.
6. Bruno A., De Girolamo Del Mauro A., Nenna G. Electroluminescence and fluorescence emission of poly(n–vinylcarbazole) and poly(n–vinylcarbazole)–Irppy3 –based organic light–emitting devices prepared with different solvents // J. Photonics for Energy. – 2013. – Vol. 3. – P. 2 – 8.