

УДК 676.22.017

А. Н. Лаппо, ассист.; А. В. Мисевич, канд. физ.-мам. наук доц.;
А. Е. Почтенный, канд. физ.-мат. наук
(БГТУ, г. Минск)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПЕРЕНОСА И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ КОМПОНЕНТАХ ОРГАНИЧЕСКИХ ГЕТЕРОСТРУКТУР

В последние годы интенсивно проводятся исследования в области органических электронных материалов. При этом практический интерес представляет выявление условий, улучшающих эффективность и фотоэлектрические свойства органических гетероструктур [1].

Целью работы является получение гетероструктур на основе органических полупроводников, определение микроскопических параметров электропереноса компонентов гетероструктур, исследование фотоэлектрических свойств данных гетероструктур и определение взаимосвязи микроскопических параметров электропереноса с фотоэлектрическими свойствами. Результаты такого исследования могут служить базой для прогнозирования и оптимизации органических гетероструктур, предназначенных для органических элементов.

В результате исследования были получены многослойные тонкопленочные гетероструктуры на основе фталоцианина меди (CuPc), N,N'-диметилдиимида перилентетракарбоновой кислоты (PTCDI), безметального фталоцианина (H₂Pc), фталоцианина свинца (PbPc) с различным чередованием слоев. При исследовании полученных гетероструктур использовались оптическая спектроскопия, измерение спектров фото-ЭДС, которые проводились с помощью монохроматора спектрофотометра SPECORDM40, измерение вольт-амперных характеристик гетероструктур. А также методом циклической термодесорбции были измерены температурные зависимости проводимости и определены микроскопические параметры электропереноса органических компонентов гетероструктур.

Гетероструктуры Au/PTCDI/CuPc/ITO, Au/CuPc/PTCDI/ITO, Au/PTCDI/PbPc/ITO, Au/PTCDI/H₂Pc/ITO осаждались методом термического осаждения в вакууме на подложку из стекла и состояли из нескольких слоев: слой прозрачного полупроводника окислов индия и олова (ITO), слой производной фталоцианина (CuPc или H₂Pc, или PbPc) толщиной 50 нм, слой производной перилена (PTCDI) толщиной 50 нм и верхний полупрозрачный электрод – золото 50 нм.

Данные циклической термодесорбции позволили определить прыжковый тип проводимости органических компонентов органи-

ческих гетероструктур, а также рассчитать радиусы локализации примесных и собственных состояний.

Для гетероструктуры Au/PTCDI/CuPc/ITO были получены спектры фото-ЭДС, спектр поглощения структуры и спектры поглощения отдельных органических слоев, из которых состоит гетеропереход. Как показали измерения спектров поглощения, спектр поглощения структуры образуется путем наложения спектров поглощения отдельных органических слоев [2].

Как показано на рисунке 1 максимумы фото-ЭДС гетероструктуры наблюдаются при длинах волн, соответствующим максимумам поглощения CuPc и PTCDI. Таким образом, используя двухслойный элемент, состоящий из CuPc и PTCDI, можно увеличить светочувствительную область и спектральную ширину области поглощения.

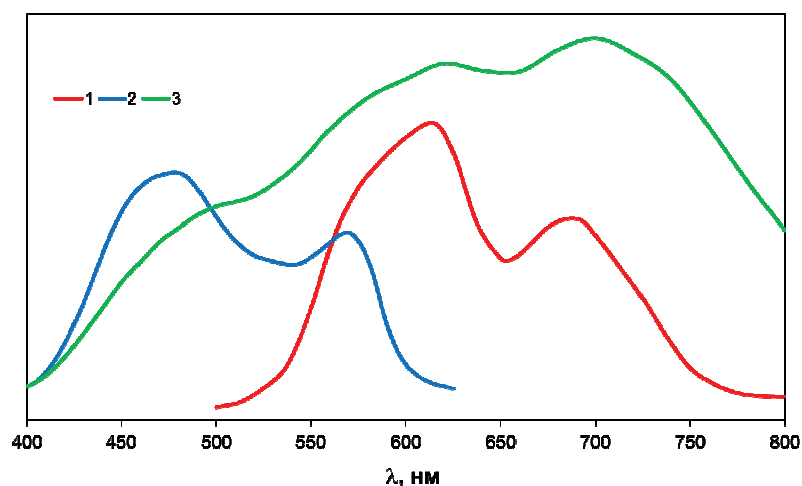


Рисунок 1 - Спектры CuPc (1) и PTCDI (2) и спектр фото-ЭДС гетероструктуры Au/PTCDI/CuPc/ITO(3)

Измерения ВАХ для гетероструктур Au/PTCDI/CuPc/ITO, Au/CuPc/PTCDI/ITO, Au/PTCDI/PbPc/ITO, Au/PTCDI/H2Pc/ITO показали, что при освещении ВАХ не проходят через начало координат, что свидетельствует о наличии фото-ЭДС, и меняют свой наклон, что указывает на наличие фотопроводимости в органических слоях. Для Au/PTCDI/CuPc/ITO фото-ЭДС в разомкнутом контуре положительна ($V_{oc} = 0,37$ В, фототок короткого замыкания $I_{sc} = 2,484$ нА), а для элемента Au/CuPc/PTCDI/ITO - отрицательна ($V_{oc} = 0,1$ В). Из анализа ВАХ для остальных гетероструктур фотоэлектрические параметры при освещении через слой ITO указаны в таблице.

Для изучения влияния адсорбированного кислорода на свойства гетероперехода были проведены исследования элементов Au/PTCDI/CuPc/ITO с повышенной концентрацией адсорбированного кислорода на границе раздела PTCDI/CuPc. При увеличении концен-

трации кислорода на границе раздела происходит уменьшение фото-ЭДС ($V_{oc} = 0,0297$ В), тогда как фотопроводимость органических слоев сохраняется.

Согласно полученным данным при увеличении радиуса локализации органического компонента увеличиваются фото-ЭДС и фототок короткого замыкания. Так как величина радиуса локализации характеризует высоту потенциальных барьеров между локализованными состояниями, меньшие значения радиуса локализации свидетельствуют о более высоких потенциальных барьерах, разделяющих локализованные состояния, и, соответственно, о более глубоком залегании электронных энергетических уровней, обеспечивающих перенос.

Таблица - Значения радиусов локализации (a , нм) органических компонентов гетероструктур и фотоэлектрические параметры гетероструктур

Структура	V_{oc} , В	I_{sc} , нА	a , нм			
			CuPc	PbPc	H ₂ Pc	PTCDI
Au/PTCDI/CuPc/ITO	0,37	2,484	$0,89 \pm 0,14$	□	□	$0,3 \pm 0,15$
Au/CuPc/PTCDI/ITO	0,1	0,065	$0,89 \pm 0,14$	□	□	$0,3 \pm 0,15$
Au/PTCDI/PbPc/ITO	0,3	0,2712	□	$0,425 \pm 0,11$	□	$0,3 \pm 0,15$
Au/PTCDI/H ₂ Pc/ITO	0,235	4,102	□	□	$0,2 \pm 0,095$	$0,3 \pm 0,15$
Au/PTCDI/CuPc/ITO	0,0297	0,0887	$0,89 \pm 0,14$	□	□	$0,3 \pm 0,15$

ЛИТЕРАТУРА

1. Electrical transport in crystalline perylene derivatives films for electronic devices / A. Stanculescu [et al.] // Solid State Sciences. - 2008. - Vol. 10, no. 12. - P. 1762-1767.
2. Лаппо, А. Н. Фотоэлектрические свойства гетероструктуры фталоцианин-периленовый пигмент / А. Н. Лаппо, А. В. Мисевич, А. Е. Почтенный // Физико-математические науки: материалы 83-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 1-14 февраля 2019 г., БГТУ. - Минск, 2019. - С. 7.