

## ОТЗЫВ

**научного консультанта на диссертационную работу  
Завгороднего Алексея Владимировича  
на тему: «Фотоэлектрические процессы в композитных  
наноструктурированных пленках полупроводниковый полимер-  
фталоцианин», представленную на соискание степени доктора  
философии (PhD)  
по образовательной программе «6D060400 – Физика»**

Исследование транспорта и рекомбинации носителей заряда в нанокompозитных солнечных ячейках на основе наноструктур фталоцианина и его металлокомплексов представляет, как фундаментальный, так и практический интерес. Во-первых, изучение оптических и электрофизических свойств наноструктур позволят оценить влияние на активный слой полимера при допировании. Во-вторых, позволяют улучшить электротранспортные, а также фотовольтаические показатели нанокompозитных солнечных ячеек. Разработка полимерных нанокompозитных солнечных ячеек является одним из способов повышения эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую. Допирование полимерной матрицы наноразмерными органическими материалами позволяет создать гибридный слой, в котором проводимость полимерного материала будет сочетаться с превосходными оптическими и электрическими свойствами органических наноструктур. Данные материалы являются основой молекулярной электроники, фотовольтаических изделий, фотопреобразователей энергии с достаточно высокими электрофизическими и оптическими характеристиками и длительными сроками эксплуатации.

Сильное влияние на эффективность органических фотопреобразователей оказывает морфология пленок. Под морфологией понимают образование отдельных фаз донорного и акцепторного компонентов активного слоя, а также взаимное упорядочивание этих фаз. Принято считать, что оптимальным является размер доменов, близкий к длине свободного пробега экситонов в данном материале. При меньшем размере доменов эффективность разделения зарядов может даже возрасти, но будет затруднен транспорт зарядов к электродам. Основной причиной низких показателей пленочных солнечных элементов является склонность к агрегации и низкая растворимость активных соединений, так как кристаллизация компонентов в ячейке приводит к образованию поликристаллических доменов.

Таким образом, исследование влияния структурных особенностей донорно-акцепторных систем в нанокompозитных солнечных ячейках представляет, как фундаментальный, так и практический интерес. Во-первых, изучение оптических и электрофизических свойств наноструктур позволят оценить влияние (дефектность, изменение степени кристаллизации,

изменение оптических свойств и др.) на активный слой полимера при допировании. Во-вторых, позволят оптимизировать электротранспортные, а также фотовольтаические показатели нанокompозитных солнечных ячеек.

Диссертационная работы Завгороднего А.В. посвящена исследованию влияния структурных особенностей донорно-акцепторных систем на эффективность генерации и транспорта носителей заряда в нанокompозитных полимерных солнечных ячейках.

Очевиден личный вклад соискателя в разработку обозначенной проблемы. Автором выполнены работы по получению наноструктур фталоцианина и конструированию нанокompозитных солнечных ячеек. Выполнены спектрально-оптические рентгенофазовые измерения. Исследована морфология поверхности полученных наноструктур и пленок на атомно-силовом микроскопе. Измерены спектры импеданса, ВАХ и квантовая эффективность солнечных ячеек. Проведена компьютерная обработка результатов экспериментальных измерений. Анализ полученных результатов и выводы работы в целом выполнены совместно с научными консультантами.

За время проведения исследований Завгородний А.В. проявил себя как серьезный, целеустремленный молодой ученый, стремящийся работать в решаемой проблеме до конца и способный самостоятельно решать проблемы и поставленные перед ним научно-технические задачи. Четкость научной позиции докторанта заключается в последовательном проведении исследовательской работы согласно заранее составленному плану. Также об этом свидетельствует плодотворная научная стажировка, пройденная диссертантом в Томском государственном университете.

В рамках диссертационного исследования достигнуты следующие результаты:

- Определены технологические условия получения нанолент фталоцианинов методом физического градиентно-температурного осаждения из паровой фазы. Установлена связь между наблюдаемыми спектрами поглощения твердых пленок и нанолент фталоцианина.

- Впервые показано влияние размерного эффекта на эффективность генерации и транспорта носителей заряда во фталоцианинах.

- Впервые установлено, что модуляция внешним магнитным полем уменьшает вероятность образования биполярнонов, и с уменьшением размерности системы за счет высокой вероятности столкновения поляронов, значительнее проявляется эффект «спиновой блокировки» при модулировании внешним магнитным полем.

- Впервые определена роль нанолент фталоцианинов на эффективность генерации и транспорта носителей заряда в композитной ячейке на основе фуллереновых (PЗНТ:PCBM) и бесфуллереновых (РТВ7-Th:ITIC) акцепторов.

– Исследовано влияние магнитного поля на фототок в композитных фуллереновых и бесфуллереновых ячейках. Установлено, что модуляция магнитным полем блокирует каналы транспорта заряда «донор-Pedot:PSS» и «донор-NWsMPC-Pedot:PSS» полимерного солнечного элемента.

Результаты исследований Завгороднего А.В. достаточно полно отражены в 15 публикациях, в том числе 4 работы в журналах, индексируемых в базах Clarivate Analytics, и в 4 изданиях, рекомендуемых ККСОН РК для диссертационной работы на соискание степени доктора философии (PhD).

Учитывая вышесказанное считаю, что по объему, достоверности и уровню научно-практической значимости, диссертационная работа Завгороднего А.В. соответствует требованиям, предъявляемым Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК, а Завгородний А.В. заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060400 – Физика».

кандидат физико-математических наук,  
ассоц. профессор,  
профессор кафедры радиофизики и электроники

Аймуханов А.К.

Ученый секретарь



А.К. Китибаева