

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кузнецовой Лидии Ильиничны  
«Разработка полевых транзисторов на основе малотоксичных органических  
полупроводниковых материалов» на соискание ученой степени кандидата  
химических наук по специальности 1.4.4 – Физическая химия

Диссертация Кузнецовой Л.И. посвящена актуальному и интересному направлению – исследованию свойств органических полупроводниковых соединений и возможности их практического применения в качестве активных субстанций в устройствах органической электроники, а именно – в тонкопленочных органических полевых транзисторах.

Нужно отметить, что важной целью работы было изучение именно таких органических полупроводников, которые бы не загрязняли окружающую среду, т.е. получались из природных источников, либо были полностью биоразлагаемыми. Это и привело к тому, что автор в качестве объектов исследования выбрал производные перилендиимида и индиго, которые, как известно, являются потенциально биосовместимыми материалами, а их полупроводниковые свойства в некоторых пределах могут регулироваться при помощи вариаций химической структуры.

Однако, как выяснилось в ходе анализа литературных данных, к моменту начала работы над диссертацией во всем мире было исследовано всего лишь около десятка производных индиго, а систематические исследования взаимосвязи структуры функционализированных производных индиго и рабочими параметрами транзисторов на их основе практически отсутствовали. Вместе с тем, такие данные позволили бы осуществлять целенаправленную разработку органических полупроводниковых материалов на основе индиго с необходимыми для целевых устройств свойствами.

В ходе выполнения диссертационного исследования автор Кузнецова Л.И. охарактеризовала восемь производных перилендиимида с различными алкильными заместителями при атомах азота и девятнадцать производных индиго с различными заместителями в бензольных циклах. На основе всех соединений были изготовлены тонкопленочные органические полевые транзисторы, важнейшие характеристики которых приведены в тексте автореферата.

Значительная часть работы состоит в исследовании полученных материалов на работоспособность в составе полевых транзисторов, здесь автору удалось вывести некоторые закономерности влияния химической структуры материалов на их электрические свойства. Все это подробно рассмотрено в обсуждении результатов и не оставляет сомнений в однозначности выводов и **практической значимости** представленного исследования.

В частности, в ходе работы над диссертацией автор проводил оптимизацию условий изготовления транзисторов и впервые обнаружил факт, что термический отжиг пленок производных ПДИ необходимо проводить не при каких-то

произвольных температурах, а строго при температуре, которая примерно равна температуре фазового перехода данного ПДИ-производного. Правильно подобранные температуры термического отжига позволили увеличить подвижность носителей зарядов в пленках ПДИ до нескольких десятков (даже сотен) раз, что безусловно является ценным научным и практическим достижением автора. Благодаря выявленной закономерности возможно осуществлять отбор наиболее перспективных органических полупроводниковых материалов (обладающих высокой энтальпией фазового перехода) и выбор параметров тепловой обработки их пленок (прогрев при температуре вблизи фазового перехода) для достижения наилучших характеристик органических полевых транзисторов на их основе.

В процессе изучения материалов на основе индиго была систематически исследована серия из 13 производных, содержащих различные заместители в ароматическом цикле. Установлено, что введение акцепторных групп (атомы фтора, хлора, брома, йода) оказывает заметное влияние на энергии граничных орбиталей производных индиго. Установлено также, что полупроводниковые свойства производных индиго значительно зависят от природы используемого диэлектрика. Методом рентгеноструктурного анализа большого ряда соединений установлены структурные параметры пленок данного типа полупроводников, а именно, угол наклона плоскости молекул к поверхности подложки, расстояние между плоскостями молекул в стопках и межмолекулярное расстояние. Установлена важная корреляция между величинами подвижностей носителей тока и величиной наклона молекул к подложке, что позволяет на основе структурных данных объяснять и даже предсказывать электрические свойства новых соединений.

В работе исследовалась стабильность полевых транзисторов при их работе на воздухе, что является актуальной задачей для органической электроники, поскольку позволит резко уменьшить стоимость и увеличить экологичность и доступность устройств на основе материалов на основе транзисторов, не требующих инкапсуляции. Наиболее перспективными и устойчивыми оказались полевые транзисторы на основе дибензо[f,f']индиго, которые оказались устойчивыми в течение более 7 месяцев их хранения и измерения на воздухе и при освещении. В работе Кузнецовой Л. И. открыт важный факт биосовместимости дибензо[f,f']индиго, что открывает возможность создания биосовместимых и биоразлагаемых органических электронных устройств. Также найдено еще одно применение данного соединений – в качестве компонента чувствительного слоя газового сенсора, который показал высокую чувствительность к газообразному аммиаку.

Качество и количество статей в ведущих научных журналах и представленные в них результаты не оставляют сомнений в **научной новизне работы**. Материал имеет широкую апробацию на ведущих российских и зарубежных конференциях.

Данные, представленные в автореферате подтверждают высокий уровень экспериментальной и теоретической подготовки автора.

Таким образом, считаю, что выносимые на защиту данные имеют очевидную высокую научную значимость и практический интерес, а диссертационная работа Кузнецовой Лидии Ильиничны «Разработка полевых транзисторов на основе малотоксичных органических полупроводниковых материалов» по поставленным задачам, уровню их решения и научной новизне полученных результатов полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), а ее автор – Кузнецова Л. И. заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – Физическая химия.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова, РАН  
119991, г. Москва, ул. Вавилова, 28;

Ведущий научный сотрудник лаборатории физической химии полимеров,  
доктор химических наук  /Куклин Сергей Александрович/

(Диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук  
защищена по специальности 02.00.06 – Высокомолекулярные соединения.)

E-mail: ineos-50@mail.ru; ineos50@gmail.com

Тел.+7 (916) 622-59-94

11.10.2023 г.

Подпись сотрудника ИНЭОС РАН Куклина С. А. заверяю:

Ученый секретарь ИНЭОС РАН

кандидат химических наук  Гулакова Елена Николаевна

