

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мандрика Ивана Владимировича «Физико-технологические основы формирования конформных печатных источников энергии», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники»

Работа Мандрика Ивана Владимировича посвящена разработке технологии каплеструйной печати для реализации процессов формирования тонких источников энергии на гибкой подложке. Данная тема весьма актуальна в связи с развитием гибкой печатной электроники, которая широко применяется, в частности, в изделиях носимой электроники. Многообразие устройств гибкой печатной электроники требует создания соответствующих автономных источников энергии, что позволяет говорить об актуальности данной работы и ее новизне.

В рассматриваемой работе с применением большого набора современных аналитических методов проведено всестороннее исследование технологии каплеструйной печати токопроводящими, резистивными, полупроводниковыми и микробиологическими чернилами, и разработана методика оптимизации геометрии формируемых капель чернил. Проведено комплексное исследование процессов процесса формирования многослойных бис- и электрохимических композиций, а также продемонстрировано практическое использование разработанных процессов для изготовления ХИТов и БИЭЦов.

Очевидной научной новизной рассматриваемой работы можно считать установленный автором факт того, что при использовании технологии каплеструйной печати чернилами на основе наночастиц для формирования многослойных композиций ХИТов обеспечивается повышение емкости и энергоемкости устройств за счет эффективного вовлечения в токообразующий процесс нанопористых тонкопленочных электродов, а также то что метод каплеструйной печати обеспечивает перенос микроразмерных клеток ЦБ на наноструктурированные и пористые поверхности при формировании биоэлектрохимической композиции, используемые для генерации электронов в процессе фотосинтеза.

Отдельно хотелось бы отметить разработанную автором физико-технологическую основу для формирования биоэлектрических источников энергии на основе цианобактерий с использованием процессов нанесения функциональных материалов. На источник энергии и способ его изготовления автором получен патент на изобретение Российской Федерации, что дополнительно подчеркивает новизну разработанных процессов.

Достоверность и практическая значимость разработанных процессов подтверждаются фактической реализацией печатных источников энергии, которые прошли серию испытаний.

Исходя из содержания автореферата, можно сделать следующее замечания:

Не совсем ясно почему выбраны именно цианобактерии для печатного источника энергии, а не другие виды микроразмерных бактерий.

Во многих местах текста автореферата хотелось бы видеть более точные формулировки, используемые для описания полученных результатов.

Данные замечания носят уточняющий характер, а работа в целом выполнена на высоком уровне.

Диссертационная работа Мандрика И. В. на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – «Технология и оборудование для производства

материалов и приборов электронной техники» заслуживает положительной оценки и соответствует требованиям пункта п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а Мандрик Иван Владимирович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники».

**Путря Михаил Георгиевич**



Профессор Института интегральной электроники имени академика К.А. Валиева федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», д.т.н., профессор.

Почтовый адрес: 124498, Москва, Зеленоград, площадь Шокина, д.1

Тел. 8-499-710-19-65

e-mail: mishapmg@gmail.com

Подпись Путри М.Г.

УДОСТОВЕРЯЮ

Ученый секретарь Совета Вуза



Козлов А.В.