

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Тамбура Мамаду на тему «Формирование токопроводящего защитного гидрофобного покрытия для солнечных элементов на основе полимерных материалов с графеном», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3. Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники

Работа Тамбура Мамаду посвящена решению значимой научно-технической задачи, направленной на повышение эффективности фотоэлектрических систем. Разработка инновационных пассивных покрытий, обладающих комплексом функциональных свойств, является актуальным направлением в контексте глобального развития возобновляемой энергетики и увеличения доли солнечной генерации в регионах с высокой инсоляцией.

В ходе диссертационного исследования автором получены следующие существенные результаты:

1. Проведен детальный анализ проблемы загрязнения поверхности фотоэлектрических преобразователей в условиях Мали. Установлены ключевые параметры пыли (гранулометрический и элементный состав), а также разработана усовершенствованная модель расчета эффективной диэлектрической проницаемости, учитывающая ранее не принимавшиеся в расчет оксиды калия и фосфора.
2. Научно обоснован выбор композиционной системы на основе поли-н-бутилметакрилата (PnBMA) и графена, синтезированного методом CVD. Доказано преимущество PnBMA в качестве матрицы и материала для переноса графена, заключающееся в лучшем сохранении его структурной целостности по сравнению с полиметилметакрилатом (PMMA).
3. Разработана и оптимизирована методика получения покрытий с заданными характеристиками: удельное поверхностное сопротивление 2–20 кОм/кв., высокий уровень светопропускания (~85% в диапазоне 350–2500 нм), гидрофобность (угол смачивания ~100°).
4. Экспериментально оценена устойчивость покрытий к воздействию ультрафиолетового излучения. Показано, что после облучения покрытия остаются в классе антистатических материалов.

5. Исследовано влияние легирования графена на электрофизические свойства композита, что создает основу для управления его функциональностью.

Практическая значимость работы заключается в создании технологических основ для разработки экономичных защитных покрытий, способствующих снижению эксплуатационных затрат солнечных электростанций в запыленных регионах. Результаты также представляют интерес для смежных областей применения прозрачных проводящих материалов.

Основные положения диссертации отражены в публикациях в рецензируемых научных изданиях и докладах на конференциях.

В ходе научной дискуссии и для уточнения отдельных аспектов работы представляется целесообразным задать автору следующие вопросы:

1. Экологический аспект и жизненный цикл: Учитывались ли при разработке покрытия вопросы его последующей утилизации в составе отработавших солнечных модулей? Насколько стабильна связь между графеном и полимерной матрицей, и не приведет ли деградация покрытия в долгосрочной перспективе к выделению наночастиц углерода в окружающую среду?
2. Фундаментальный механизм адгезии: В работе показано, что PnBMA лучше сохраняет структуру графена при переносе. Можно ли количественно охарактеризовать природу взаимодействия на границе раздела PnBMA-графен? Проводились ли исследования (например, методом РФЭС) для анализа возможного химического связывания или определения работы адгезии?
3. Контроль качества и стандартизация: Для внедрения в производство критически важна воспроизводимость параметров. Какие методики *in-situ* или оперативного контроля (например, в процессе термообработки) могли бы быть предложены для гарантированного достижения целевых значений поверхностного сопротивления и гидрофобности на большой площади покрытия?
4. Сравнение с альтернативами и ниша применения: В автореферате сравнение проводится в основном с дорогостоящими покрытиями на основе платины и оксида титана. Проводился ли сравнительный анализ

(хотя бы по литературным данным) эффективности и долговечности разработанного покрытия с другими перспективными и относительно недорогими решениями, например, на основе модифицированных силанов или недорогих проводящих полимеров? В каких именно сценариях эксплуатации (тип пыли, климат) предложенное решение может иметь ключевые преимущества?

Приведенные вопросы и замечания направлены на углубленное понимание перспектив разработки и не снижают общей высокой оценки выполненного исследования.

Заключение:

Диссертационная работа Тамбура Мамаду является самостоятельным, актуальным и законченным научным исследованием. Автор продемонстрировал умение ставить и решать комплексные задачи, владение современными методами синтеза и анализа материалов.

Научная и практическая ценность работы позволяют заключить, что диссертация Тамбура Мамаду является законченной научно-квалификационной работой и соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3 – «Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники».

Мололкин Анатолий Анатольевич
Кандидат физико-математических наук, заместитель
начальника производства, АО «Фомос-Материалы»
Адрес: 107023 г. Москва ул. Буженинова д.16 стр. 1
Тел.: +7-965-149-6293
E-mail: mololkin@newpiezo.com

 
29.01.2026



Мололкин А.А.
Зав. производством
ген. директор 