

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 актуальной проблеме снижения эффективности фотоэлектрических модулей из-за пылевых отложений в условиях засушливых регионов. Разработка и исследование пассивных самоочищающихся покрытий на основе полимер-графеновых композитов, не содержащих дорогостоящие металлы, представляют значительный научный и практический интерес для развития солнечной энергетики, особенно в странах с высокой инсоляцией.

В процессе диссертационного исследования получены следующие существенные результаты:

1. Проведён детальный анализ физико-химических свойств пыли, характерной для западноафриканского региона (на примере Мали). Установлен преобладающий размер частиц (10–50 мкм) и определён их элементный состав. Разработана и верифицирована модель для расчёта эффективной диэлектрической проницаемости пылевого слоя, учитывающая вклад оксидов калия и фосфора.
2. Предложена и оптимизирована технология синтеза композиционных покрытий на основе поли-н-бутилметакрилата (PnBMA) и графена, полученного методом CVD. Доказано, что PnBMA является более предпочтительной матрицей и материалом для переноса графена по сравнению с полиметилметакрилатом (PMMA) с точки зрения сохранения структурного совершенства графена.
3. Получены образцы покрытий, сочетающие в себе антистатические (удельное поверхностное сопротивление 2–20 кОм/кв.), гидрофобные (угол

смачивания $\sim 100^\circ$) и оптические (пропускание $\sim 85\%$ в диапазоне 350–2500 нм) свойства, что соответствует требованиям для применения в качестве защитного слоя солнечных элементов.

4. Изучено влияние легирования графена азотом и кислородом на функциональные характеристики композита. Оценена устойчивость покрытий к УФ-облучению, подтверждена сохранность их антистатических свойств в рамках требований стандартов.

5. Экспериментально обоснован механизм пассивной самоочистки, основанный на снижении электростатической и капиллярной адгезии пылевых частиц за счёт гидрофобности и поверхностной проводимости покрытия.

Практическая ценность работы заключается в создании технологического решения, позволяющего снизить эксплуатационные расходы на обслуживание солнечных электростанций в запылённых условиях. Использование доступных полимеров и графена вместо платины и оксида титана открывает путь к удешевлению производства таких покрытий.

Основные положения работы представлены на ряде российских и международных научных конференций, а также опубликованы в рецензируемых журналах, включая издания, индексируемые в международных базах данных.

К диссертации можно представить следующие частные замечания, не снижающие её общей ценности:

1. В автореферате следовало бы более детально обсудить вопросы совместимости и адгезии разработанного покрытия с различными типами инкапсулянтов и защитных стёкол, используемых в фотоэлектрических модулях.

2. Желательно было бы видеть более развёрнутую оценку ресурса и долговечности покрытия в условиях циклических термовлажностных и механических воздействий, моделирующих реальную эксплуатацию.

3. Не приведены результаты СЭМ исследований морфологии наночастиц графена и поверхности покрытия.

4. Не приведены данные об изменении угла смачивания покрытия после экспонирования под воздействием ультрафиолета.

5. В автореферате есть ссылка на отсутствующий рисунок, допущены грамматические ошибки

Указанные замечания носят рекомендательный характер и могут быть предметом дальнейших исследований.

Диссертация Тамбура Мамаду является самостоятельным, законченным научным исследованием, вносящим существенный вклад в решение актуальной задачи повышения эффективности и надёжности солнечной энергетики в специфических климатических условиях. Работа соответствует всем требованиям Положения о присуждении учёных степеней, а её автор заслуживает присуждения искомой учёной степени кандидата технических наук.

Кондрашов Станислав Владимирович доктор технических наук, ведущий научный сотрудник РУНЦ «Безопасность» Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана



04.02.2026

Адрес: г. Москва, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, с. 1
Тел.: +7 (909) 929-77-10 E-mail: svk@bmstu.ru

Подпись Кондрашова С.В. заверяю:



ВЕРНО.

СПЕЦИАЛИСТ ПО ПЕРСОНАЛУ

ОТДЕЛА КАДРОВОГО

АДМИНИСТРИРОВАНИЯ

ЦЕПОК М. Ю.

