

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

Диссертационное исследование Тамбура Мамаду посвящено разработке технологии пассивной очистки поверхности солнечных элементов для условий засушливых высокопылевых регионов, таких как западная часть Африканского континента. Разработка ресурсоэффективных и устойчивых методов самоочистки, не требующих использования драгоценных металлов, представляет собой актуальную научно-техническую задачу в области современной возобновляемой энергетики и функциональных материалов. Проблема запыления фотоэлектрических модулей является значимым фактором снижения их эффективности, особенно в регионах с высокой инсоляцией и засушливым климатом.

Таким образом, тема диссертационной работы является актуальной и соответствует современным тенденциям развития «зеленой» энергетики и нанотехнологий.

В ходе проведенных исследований автором были получены следующие значимые результаты:

Впервые проведен комплексный анализ характеристик пыли, осаждающейся на солнечных элементах в западноафриканском регионе (на примере Мали). Определены гранулометрический и химический состав частиц, а также рассчитана их эффективная диэлектрическая проницаемость. Предложенная модель расчета, учитывающая оксиды калия и фосфора, показала высокую согласованность с экспериментальными данными (расхождение менее 1%).

Разработана технология получения прозрачных, гидрофобных и антистатических композиционных покрытий на основе поли-н-бутилметакрилата (PnBMA) и графена, синтезированного методом химического осаждения из газовой фазы (CVD). Показано, что использование PnBMA в качестве матрицы и материала для переноса графена позволяет

лучше сохранять структуру и свойства графена по сравнению с традиционно применяемым полиметилметакрилатом (РММА).

Оптимизированы параметры формирования покрытия (температура, время термообработки), позволяющие достигать удельного поверхностного сопротивления порядка 2–20 кОм/кв., что соответствует требованиям к антистатическим материалам (ISO 1853:2018). Полученные покрытия обладают высоким светопропусканием (~85% в диапазоне 350–2500 нм) и гидрофобными свойствами (угол смачивания ~100°).

Исследована устойчивость разработанных покрытий к ультрафиолетовому излучению. Показано, что даже после УФ-воздействия удельное сопротивление покрытий остается в пределах, допустимых для антистатических материалов.

Изучено влияние легирования графена (кислородом и азотом) на свойства композитов, что важно для целенаправленного управления их электрофизическими характеристиками.

Работа имеет существенную практическую ценность. Разработанное покрытие позволяет снизить адгезию пыли к поверхности солнечных панелей за счет сочетания антистатического и гидрофобного эффектов, что может значительно уменьшить эксплуатационные затраты на очистку в запыленных регионах. Технология не требует использования дорогостоящих металлов (таких как платина) и является более экономичной по сравнению с существующими аналогами. Результаты работы применимы не только в фотоэнергетике, но и в других областях, где требуются прозрачные проводящие и защитные покрытия.

Результаты исследований были представлены на ряде российских и международных научных конференций и опубликованы в рецензируемых журналах, включая издания, входящие в базы данных Scopus / Web of Science и перечень ВАК.

К работе можно представить следующие замечания, не умаляющие ее общей ценности:

- В автореферате недостаточно подробно освещены вопросы долговременной стабильности гидрофобных свойств покрытия в условиях реальной эксплуатации, включая воздействие атмосферных осадков и абразивного износа.

- Не в полной мере рассмотрено потенциальное влияние толщины и морфологии полимер-графенового слоя на механическую прочность и адгезию покрытия к различным типам подложек солнечных элементов.

Вышеуказанные замечания носят характер рекомендаций для дальнейших исследований и не снижают уровня представленной работы.

На основании изложенного можно заключить, что диссертация Тамбура Мамаду представляет собой завершенное научное исследование, в котором решена значимая научно-техническая задача. Работа выполнена на высоком научном уровне, соответствует критериям паспорта специальности 2.2.3 и требованиям, предъявляемым Положением о присуждении ученых степеней в Российской Федерации.

Соответственно, соискатель Тамбура Мамаду заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.3. Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники.

Рябков Егор Даилович,

кандидат технических наук, доцент

кафедры наноразмерных систем и поверхностных явлений им.

Воюцкого С.С., Института тонких химических технологий им. М.В.

Ломоносова, МИРЭА – Российский технологический университет.

(подпись)

04.02.2026

Адрес: г. Москва, проспект Вернадского, 86

Тел.: +7 (499) 600-80-80

E-mail: ryabkov_e@mirea.ru

Подпись Рякова Е.Д. заверяю:

Заместитель начальника
Управления кадров

 **А.Ю. Налетова**

