

Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

Номер Соглашения о предоставлении субсидии/государственного контракта: 14.578.21.0019

Название проекта: Исследование и разработка технологии атомно-слоевого осаждения нанотолщинных плёночных материалов на поверхность солнечных батарей с целью повышения их генерационных характеристик

Основное приоритетное направление: Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

Исполнитель: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "Московский институт электронной техники"

Руководитель проекта: Гаврилов Сергей Александрович

Должность: Зам. начальника ЦИЭС

E-mail: Terashkevich.I.M@mail.ru

Ключевые слова: атомно-слоевое осаждение, солнечная батарея, интегральная схема (ИС), пассивирующее покрытие, генерационные характеристики

Цель проекта

- 1) Повышение КПД солнечных батарей.
- 2) Разработка технологии атомно-слоевого осаждения нанотолщинных плёночных материалов на поверхность солнечных батарей с целью повышения их генерационных характеристик. Создание экспериментального образца установки атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃. Формирование технологического задела для создания промышленной установки атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃ на структуру солнечных батарей.

Основные планируемые результаты проекта

В ходе проведения ПНИ должны быть получены следующие результаты:

- разработана лабораторная технология атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃ толщиной 1-100 нм для формирования антиотражающих покрытий солнечных батарей.
- разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный образец установки атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃ и лабораторный технологический регламент на технологию атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃;
- создан экспериментальный образец установки атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃, состоящий из следующих составных частей: рабочая камера осаждения плёнок Al₂O₃, пневматическая система рабочей камеры, система подачи технологических газов и смесей, система управления на основе программатора, вакуумная система, комплект внутрикамерных устройств.
- разработан проект технического задания на разработку опытно-промышленной установки атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃ на структуру солнечных батарей;
- изготовлены образцы солнечных батарей с антиотражающим покрытием из

плёнок Al₂O₃.

Краткая характеристика создаваемой/созданной научной (научно-технической, инновационной) продукции

В ходе выполнения ПНИ планируется создание экспериментального образца установки атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃, разработка лабораторной технологии осаждения этих плёнок на структуры солнечных батарей с целью повышения их генерационных характеристик. В перспективе экспериментальный образец установки станет прототипом установки промышленного типа с широким спектром возможностей. Такая установка в совокупности с технологией осаждения просветляющих и антиотражающих покрытий найдёт применение в производстве солнечных батарей с целью повышения их КПД.

При увеличении КПД солнечных батарей на 1,5% в абсолютном исчислении с учётом всех солнечных батарей, производимых и продаваемых в течение одного года на мировом рынке, увеличится генерация электроэнергии в течение года на 200 МВт. Применение технологии атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃ при промышленном производстве солнечных батарей, приведёт к повышению их себестоимости не более чем на 3%, а их потребительские свойства возрастут на 9-10%, т.к. стандартная солнечная батарея, ранее генерировавшая 250 Вт, после осаждения антиотражающих покрытий будет выдавать мощность не менее 275 Вт при прочих прежних условиях.

Углеродное сырьё не является неисчерпаемым источником энергии для человечества. В связи с этим фактом особую актуальность приобретают технологии использования возобновляемых источников энергии, одним из которых является энергия солнечного излучения. Улучшение генерационных характеристик солнечных батарей – одна из основных задач солнечной энергетики. Солнечные элементы на кремнии имеют коэффициент полезного действия (КПД) в диапазоне 18-19%. При этом реализация солнечных батарей на мировом рынке постоянно растёт. Увеличение КПД до 20,5% (т.е. на 1,5% в абсолютном исчислении) всех солнечных батарей, продаваемых в течение одного года на мировом рынке, позволит увеличить генерацию электроэнергии в течение года на 200 МВт. Если для увеличения КПД солнечных батарей применить технологию атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃, то себестоимость солнечных батарей увеличится не более чем на 3%, а их потребительские свойства возрастут на 9-10%, т.к. стандартная солнечная батарея, ранее генерировавшая 250 Вт, после осаждения антиотражающих покрытий будет выдавать мощность не менее 275 Вт при прочих прежних условиях.

Технология атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃ имеет ряд преимуществ по сравнению с другими технологиями осаждения оксидов металлов.

Современные плёночные технологии предполагают как химическое осаждение из газовой фазы, так и физическое осаждение из паровой или жидкой фазы. Применение химического осаждения или физического осаждения из газовой фазы ввиду фундаментальных причин оказываются малоэффективными при снижении толщины до сотни и менее нм. В диапазоне

толщин 1-100 нм принципиальные преимущества имеет технология атомно-слоевого осаждения пленок Al_2O_3 , которая предполагает возможность прецизионного управления скоростью их роста. Существенным достоинством технологии атомно-слоевого осаждения пленок Al_2O_3 является конформность осаждаемых плёнок и низкая температура процесса их осаждения. Благодаря низкой температуре осаждения плёнок процесс экологически безопасен. Ещё одной особенностью технологии атомно-слоевого осаждения пленок Al_2O_3 является низкая скорость роста - на уровне 0,5 нм/мин. Поэтому для разработки промышленной технологии осаждения плёнок по технологии атомно-слоевого осаждения необходимо создание многопозиционной установки. Для создания такой установки необходимо разработать оригинальную рабочую камеру с использованием принципов промежуточного газообмена. В процессе выполнения ПНИ планируется оптимизировать параметры технологических процессов атомно-слоевого осаждения плёнок Al_2O_3 и разработать соответствующую лабораторную технологию. Планируемая к постановке ПНИ станет первым этапом создания нового вида оборудования, применение которого возможно в различных технологических процессах при производстве солнечных батарей, микроэлектроники, микросистемной техники и других технологиях твердотельной электроники.

Назначение и область применения, эффекты от внедрения результатов проекта

Лабораторная технология атомно-слоевого осаждения пленок Al_2O_3 , разрабатываемая для экспериментального образца установки атомно-слоевого осаждения пленок Al_2O_3 , является научно-технологическим заданием для создания промышленной установки атомно-слоевого осаждения пленок Al_2O_3 . Оборудование такого вида востребовано рынком производителей изделий твердотельной электроники, однако промышленных образцов такого оборудования пока не создано ни в России, ни за рубежом.

Опытно-промышленная установка атомно-слоевого осаждения пленок Al_2O_3 будет востребована производителями солнечных батарей для повышения генерационных характеристик солнечных батарей путём формирования антиотражающих покрытий на поверхности их структур.

Также установка будет востребована при производстве интегральных схем на технологических операциях формирования подзатворного диэлектрика из Al_2O_3 толщиной 30 - 50 нм для МОП структур, формирования диэлектрических слоёв для многоуровневой металлизации ИС в качестве подслоя для традиционных диэлектриков, а также при производстве суперконденсаторов и других структур твердотельной электроники.

Применение опытно-промышленной установки атомно-слоевого осаждения пленок Al_2O_3 возможно также в технологиях производства изделий электровакуумной техники, радиоэлектроники, оптики для нанесения просветляющих покрытий в оптических приборах и других высокотехнологичных направлениях науки и техники. Такое широкое применение установки обусловлено широким диапазоном температуры процессов осаждения пленок Al_2O_3 , равномерностью их толщины как на горизонтальных, так и на вертикальных плоскостях микрорельефа

поверхности обрабатываемых структур. Существенным преимуществом технологии атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃ является экологическая безопасность её применения в серийном массовом производстве.

Внедрение результатов ПНИ в промышленное производство солнечных батарей приведёт к снижению себестоимости генерации электроэнергии, активизации внедрения солнечных батарей в различных направлениях бытового и промышленного применения. Изменение соотношения в пропорции генерации электроэнергии в сторону солнечной энергетики будет способствовать снижению отрицательного техногенного воздействия на окружающую среду.

Текущие результаты проекта

В ходе выполнения первого этапа ПНИ выполнены следующие пункты Технического задания: 2.1.1 - 2.1.8, 2.2, 2.3, 2.7, 2.8, 3.1 - 3.9, 5.1, 6.1.1, 6.1.3.1, 6.1.3.4, а также в полном объёме выполнены все пункты первого этапа Плана-графика исполнения обязательств по данному Соглашению о предоставлении субсидии. Таким образом, в результате выполненных работ первого этапа проведён патентный поиск, разработана конструкция экспериментального образца установки атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃, создана ЭКД на экспериментальный образец установки, разработана программа исследований свойств плёнок Al₂O₃ и методика контроля микрошероховатости поверхности осаждённых плёнок. В ходе выполнения второго этапа ПНИ выполнены следующие пункты Технического задания: 2.1.9-2.1.15, 2.1.27, 2.9, 2.10, 3.10-3.16, 6.1.3.5, 6.1.3.6, а также в полном объёме выполнены все пункты второго этапа Плана-графика исполнения обязательств по данному Соглашению. Таким образом, в результате выполненных работ второго этапа разработана программа и методики испытаний экспериментального образца установки атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃, изготовлены: рабочая камера осаждения плёнок Al₂O₃ пневматическая система рабочей камеры, система подачи технологических газов и смесей, вакуумная система, комплект внутрикамерных устройств. Проведена разработка методики контроля уровня отражения излучения солнечного света структурами солнечных батарей с покрытием из плёнок Al₂O₃ и приобретены солнечные батареи, диодные структуры, программатор, материалы, комплектующие, спектрофотометр СФ-104, микроспектрофотометр LEITZ MPV S.P.

В соответствии с разработанной ЭКД впервые созданы составные части экспериментального образца установки атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃.

На 3 этапе ПНИ создан экспериментальный образец установки атомно-слоевого осаждения плёнок Al₂O₃ в соответствии с разработанной ЭКД, проводятся его испытания, производится наработка экспериментальных образцов тестовых структур и диодных структур солнечных батарей с покрытием из плёнок Al₂O₃; проводится метрологическое обеспечение исследований физических, кристаллографических, оптических свойств плёнок, а также разработка методики контроля уровня отражения излучения солнечного света структурами солнечных батарей с покрытием из плёнок Al₂O₃.