

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Константинова Юлия Андреевна

соискатель

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский

национальный исследовательский университет

информационных технологий, механики и оптики»

г. Санкт-Петербург.

АНТИОТРАЖАЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Аннотация: в данной статье представлен аналитический обзор различных видов антиотражающих покрытий. Для солнечных батарей на основе монокристаллического кремния, поликристаллического кремния, аморфных материалов подобраны антиотражающие покрытия, эффективно снижающие коэффициент отражения и снижающие оптические потери солнечных батарей.

Ключевые слова: солнечная батарея, антиотражающее покрытие, монокристаллический кремний, поликристаллический кремний, тонкопленочный преобразователь.

Использование энергии из возобновляемых источников в последние годы быстро растет по экспоненциальной зависимости от времени. Например, потребление солнечной энергии увеличивается в 1,5 раза ежегодно. В 2010 году использование энергии солнца 0.232 % от мирового потребления энергии. А к 2020 году доля солнечной энергии сможет составить около 10 % [9]. В то время как в будущем ожидается рост цен на ископаемое топливо из-за истощения источников ресурсов, цены производства энергии из возобновляемых ресурсов будут снижаться. Таким образом, необходимо производить эффективные солнечные элементы и преобразователи, которые в будущем смогут частично заместить энергию из не возобновляемых ресурсов.

Производимая в настоящее время солнечная энергия включает в себя электроэнергию, производимую солнечными батареями и тепловыми солнечными электростанциями, и тепловую энергию солнечного отопления.

Солнечной батареей называется устройство из нескольких объединенных фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) – устройств, напрямую преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток. В результате воздействия солнечного излучения на поверхность батареи начинается освещение элемента, соответственно, слои выступают в качестве электродов обычной батареи. Воздействие элементов основывается на применении явления внутреннего фотоэффекта. В дальнейшем энергия эксплуатируется напрямую разнообразными приборами, запасается в специальных аккумуляторных батареях для возможного применения, а также преобразовывается в переменный ток.

Для увеличения КПД фотоэлементов используются пассивация поверхности, улавливание света, контакты, занимающие меньше освещаемой площади, сложные антиотражающие покрытия. Текстурирование фронтальной поверхности солнечного элемента [10] позволяет снизить отражение с 35 % до 11 %. Это означает, что десятая часть излучения, падающего на поверхность солнечного элемента, все еще будет отражаться обратно и не сможет участвовать в процессе генерации электрического тока. С целью еще большего уменьшения этих потерь, классифицируемых как оптические, на рабочую поверхность солнечных элементов наносится антиотражающее покрытие (АОП). Следуя законам оптики и современным технологиям, инженеры подбирают толщину, коэффициент преломления и другие параметры так, что удастся уменьшить отражение до 1-2 %.

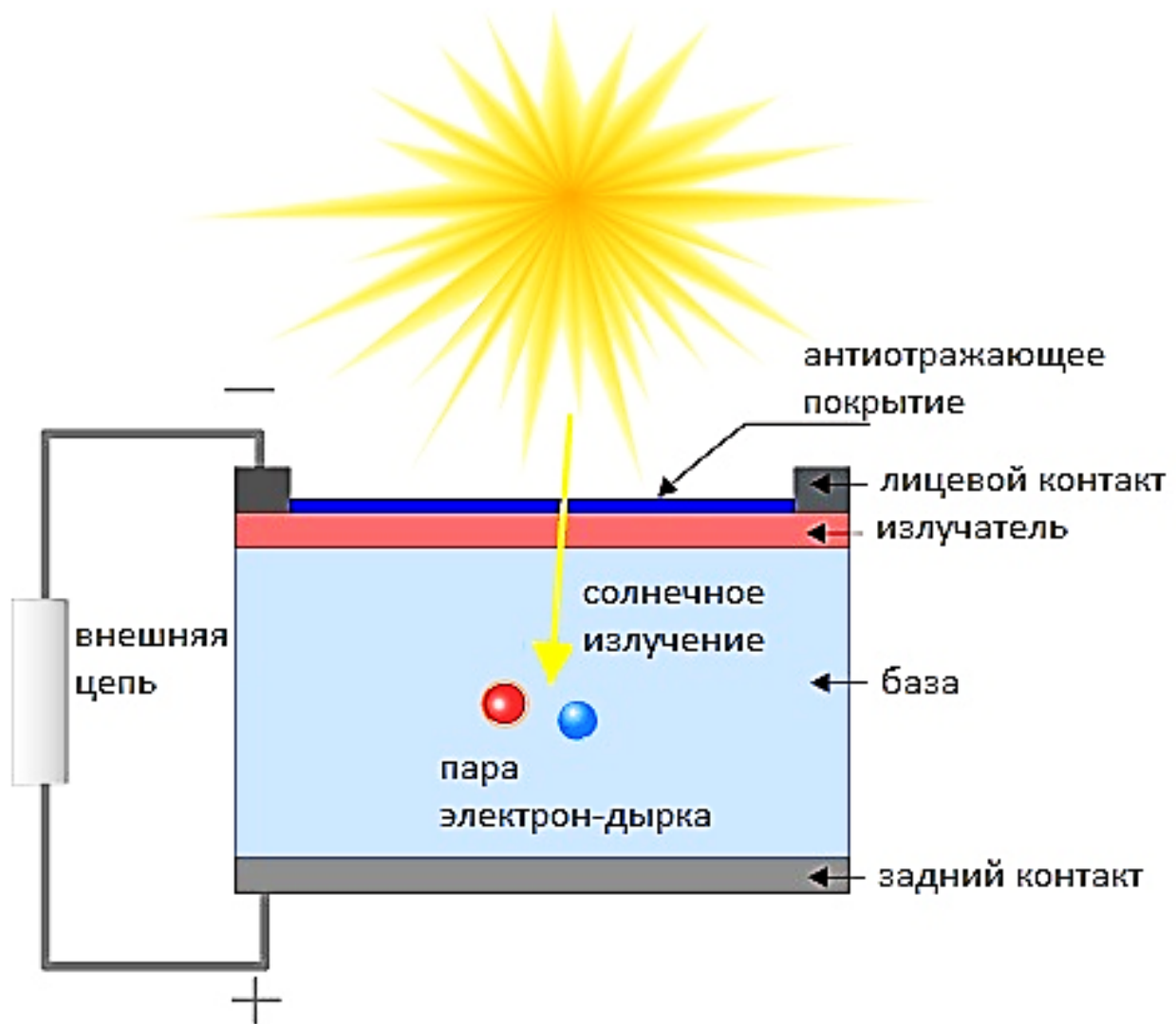


Рис. 1. Конструкция солнечной батареи с антиотражающим покрытием.

Современные технологии позволяют создавать высокоэффективные, устойчивые к механическому, химическому и другим воздействиям, антиотражающие покрытия. Конструкция солнечной батареи с АОП представлена на Рис. 1. Рассмотрим несколько видов таких покрытий.

Арсенид галлия (GaAs) используется в солнечных элементах (СЭ), благодаря своей ширине запрещенной зоны, близкой к оптимальному значению для эффективного преобразователя, в сочетании со стабильностью [1]. Вследствие относительно большого показателя преломления GaAs ($n \approx 3.5$), рабочая поверхность фотоэлементов отражает значительную часть падающего излучения во всем интервале спектра. Без нанесения антиотражающих покрытий коэффициент

отражения элементов из GaAs составляет как минимум 35%. Однослойные покрытия, рассмотренные в [5], толщина которых варьируется в пределах от 50 до 100 нм, позволяют в несколько раз снизить коэффициент отражения солнечного элемента на основе GaAs. Авторы отмечают, что меньшим коэффициентом отражения характеризуются пленки из Ta₂O₅ и ITO. Последние уже нашли широкое применение в различных солнечных элементах, потому что они представляют собой прозрачные пленки, применение которых решает сразу две задачи – нанесение антиотражающего покрытия и токосъемных контактов.

Представляют интерес пленки с наночастицами оксида никеля, которые также используются как антиотражающие покрытия для СЭ на основе GaAs. Они синтезировались в противоточном пламени пропана [3] на поверхности нихромовой проволоки, имели характерные размеры 50-300 нм в зависимости от условий синтеза и наносились распылением в несколько слоев на поверхность фотопреобразователя. Такое АОП уменьшает коэффициент отражения элементов из GaAs до 6% [4]. При нанесении двух слоев частиц наблюдалось максимальное увеличение тока короткого замыкания. Исследования показали, что покрытие из наночастиц оксида никеля существенно повышает коэффициент полезного действия СЭ на 4,7% за счет рассеяния света на них и увеличения доли поглощенных фотонов в активной области элемента.

Среди материалов для антиотражающих покрытий кремниевых СЭ выгодно выделяются оксиды редкоземельных элементов, которые обладают высокой прозрачностью в рабочей области спектра, химической и термической стойкостью и имеют оптимальный для этих целей показатель преломления. Исследованы пассивирующие свойства пленок оксидов церия, европия, диспрозия, самария, иттрия, гадолиния и иттербия, изготовленных методом термического окисления пленок на воздухе при температуре 673К в течение 30 минут [6]. Другим автором были предложены более перспективные АОП на основе пленок оксида эрбия, нанесение которых позволяет уменьшить коэффициент отражения света от кремниевой поверхности до 0.01-1.2% и увеличить спектральное значение фототока

короткого замыкания кремниевого фотоэлектрического преобразователя более чем на 50% [7].

Применение пленок на основе смеси материалов являются эффективными АОП как для монокристаллических, так и для поликристаллических кремниевых СЭ. Изменение компонентов смеси, их концентрации, технологии нанесения позволяет менять оптические постоянные антиотражающего покрытия таким образом, чтобы удовлетворить разнообразные оптические и эксплуатационные требования. Покрытие на основе смеси оксидов кремния и титана позволяет достигать значения коэффициента отражения на длине волны 600 нм до 1% и в среднем в диапазоне длин волн 400-900 нм до 17,5% [8]. Такая пленка обладает высокой механической прочностью и хорошей адгезией к кремнию, что позволяет использовать ее в качестве АОП для кремниевых монокристаллических СЭ.

Недавно было получено очень интересное покрытие в виде наноразмерных массивов оксида цинка с параболическим профилем методом электрохимического осаждения из водных электролитов [2]. Перед нанесением АОП производят профилирование поверхности путем анизотропного травления или электронно-лучевой литографии полупроводниковых пластин. Профилированная поверхность представляет собой множество микропирамид высотой в несколько микрон, благодаря такой структуре, удается снизить коэффициент отражения кремния с 35% до 11%. В то же время пленки из массивов оксида цинка, нанесенные на профилированную поверхность кремния, помогают снизить коэффициент отражения кремния еще на 1-4% в зависимости от исследуемой области спектра.

В настоящее время уделяется много внимания оптимизации и модернизации солнечных элементов, улучшение их физических, оптических и других свойств. Проведенные исследования показали, что антиотражающие покрытия играют важную роль в процессе повышения эффективности СЭ. Для солнечных батарей из различных материалов не существует однозначно подходящего по всем параметрам АОП. В данной работе показано, что для всех видов существует свои

уникальные и максимально совместимые антиотражающие покрытия. Они повышают КПД солнечных элементов на несколько процентов, но эти проценты существенно влияют на итоговую стоимость и коммерческую область применения таких элементов. Перед инженерами и оптиками стоит задача создания универсального антиотражающего покрытия, которое будет относительно простым в изготовлении и эксплуатации, а также поможет еще больше увеличить объем использования солнечной энергетики во многих отраслях производства и бытовых нужд.

Список литературы

1. Колтун М.М. Оптика и метрология солнечных элементов. – М., Наука. – 1985. – С. 281.
2. Копач В.Р. и др. Антиотражающие покрытия из электроосажденных массивов оксида цинка для солнечных элементов // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. Спецвыпуск. Т.2. – №8 (114). – 2013. – С. 178 – 185.
3. Лесбаев Б.Т., Ауелханкызы М., Мансуров З.А., Лесбаев А.Б., Турешева Г.О., Приходько Н.Г., Мансуров Б.З. Синтез наночастиц оксида никеля в диффузионном пламени на встречных струях // Вестник КазНУ, серия физическая. – №4 (43). – 2012. – С. 8 – 14.
4. Манаков С.М., Диханбаев К.К., Мансуров З.А., Ауелхакызы М., Таурбаев Т.И., Лесбаев Б.Т. Применение наночастиц оксида никеля для повышения эффективности солнечных элементов на основе GaAs // Труды X-ой Международной Конференции «Перспективные технологии, оборудование, аналитические системы для материаловедения и наноматериалов». 5 – 7 июня. Казахстан Алаты. – 2013. – 7 с.
5. Оганесян А.А. Однослойные антиотражающие покрытия для солнечных элементов на основе GaAs // Известия НАН Армении, Физика. – Т. 43. – №3. – 2008. – С. 211 – 215.
6. Петров А.М., Рожков В.А. // Письма в ЖТФ. 1998. – Т.24. – В.7. – С.16-21.

7. Родионов М.А., Рожков В.А. Пассивация поверхности кремния диэлектрическими пленками из оксида эрбия // Письма в ЖТФ. 2005. – Т. 31. – Вып. 3. – С. 55 – 59.
8. Сулейманов С.Х., Дыскин В.Г., Джанклыч М.У., Кулагина Н.А. Эффективное просветляющее покрытие для солнечных элементов на основе сплавов окислов TiO_2 и SiO_2 // Письма в ЖТФ. 2013. Т. 39. Вып. 6. – С. 74 – 78.
9. Щукина Т. В. Солнечное теплоснабжение зданий и сооружений. Воронеж. 2007. – 121 С.
10. Chang Y.A., Li Z.Y., Kuo H.C., Lu T.C., Yang S.F., Lai L.W., Lai L.H., Wang S.C. Efficiency improvement of single-junction InGaP solar cells fabricated by a novel micro-hole array surface texture process, Semiconductor Science and Technology, 24. – 2009.