

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет електроніки
(назва факультету, інституту)

Кафедра мікроелектроніки
(назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка»
(код і назва)

на тему: Фотоелектричні перетворювачі на основі наноструктурованих плівок ZnO

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи ДП — 71 мн
(шифр групи)

Кисилема Миранда Хайме
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник проф., доц., к.т.н. Орлов А.Т.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з нормоконтролю проф., доц., к.т.н., Орлов А.Т.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з інформаційних питань доц., к.т.н., Діденко Ю.В.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає запозичень
з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

ЗМІСТ

.... Вступ	7
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІХ СИНТЕЗУ ОРІЄНТОВАНИХ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ ПЛІВОК ОКСИДНИХ МАТЕРІАЛОВ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННИ ЕНЕРГІЇ ТОЙ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ	9
1.1 Аналіз технологічніе підходов формуванни наноструктурованьи шары оксидов	9
1.2 Перспективні конструкції перетворювачів сонячної енергії	16
1.3 Конструкції комбінованих перетворювачів енергії	19
Висновки до Розділу 1	24
2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИТЕ ДО РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСОВ СИНТЕЗА НАНОКРИСТАЛІЧНИХ ЗАРОДКОВИХ ШАРУ, РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	25
2.1 Атомно-шарове осадженни полікристалічніе шары ZnO (ALD)	25
2.2 Золь-гель технологой формуванни зародкових шары ZnO	27
3.ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УЛИЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ НА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ	30
3.1 История создания солнечной батареи.....	34
3.2 Принцип действия солнечной батареи.....	36
3.3 Преимущества и недостатки солнечных батарей.....	39
3.4 Погодные условия и количество солнечного излучения	40
3.5 Традиционные системы управления уличным освещением...41	
3.6 Системы автоматического управления уличным освещением...42	
4. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ...44	
4.1 Светодиодные светильники.....	46
4.2 Фотоэлектрический преобразователь.....	48
4.3 Гибкие солнечные батареи на основе нанопроводов оксида цинка	
4.4 Материалы и методы.....	52

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития технологий проблема создания высокоэффективных универсальных источников питания для микро- и нанoeлектронных устройств (беспроводные датчики, устройства мобильной связи, медицинские имплантаты, беспроводные электронные системы) является актуальной. Большинство этих устройств используют гальванические или перезаряжаемые батареи в качестве источников питания, использование которых в беспроводных или медицинских устройствах может быть дорогим, не всегда удобным или невозможным. Кроме того, автономные батарейные источники электропитания требуют периодической их замены или обслуживания (зарядка), часто содержат редкие и вредные вещества, затрудняющие или удорожают утилизацию, а их стоимость часто составляет значительную часть или даже превышает стоимость самого устройства. Преобразователи на основе наноматериалов, которые будут разработаны, могут использоваться непосредственно как микромощные источники питания таких устройств от энергии внешней среды, так и для их подзарядки, а в перспективе и как преобразователи альтернативных источников энергии более высокой мощности. Работа посвящена решению актуальной проблемы разработки технологии создания многослойных наноструктурированных оксидов с использованием нанотехнологического подхода «снизу вверх» на основе самоорганизации наноструктур при использовании недорогих низкотемпературных безвакуумных технологий, позволит изготавливать устройства преобразования энергии большой площади без использования прецизионного и вакуумного микроэлектронного оборудования. Рыночный эффект разработки будет реализован за счет исключения необходимости замены, обслуживания (зарядки) и утилизации автономных батарейных источников питания. Предложенная технология не требует нового оборудования и позволит работать на существующем. Отработка технологии будет происходить на имеющемся у исполнителя оборудовании, а исследования полученных материалов - на аналитическом и измерительном оборудовании что есть в наличии у НТУУ «КПИ». Кроме того, используются исходные материалы с особыми требованиями. При внедрении в производство устройств преобразования энергии на основе предложенных структур будут получены новые рабочие места на предприятиях.

Украины, а создание новых медицинских средств лечения и диагностики, например таких, как водители сердечного ритма с бессрочными источниками питания или имплантированы глюкометры, позволят улучшить качество жизни человека, что будет создавать значительный социальный эффект от внедрения разработки. Анализ технологий синтеза ориентированных наноструктурированных пленок ИВОК оксидных материалов для преобразования энергии и конструкций преобразователей.

Анализ технологических подходов формирования наноструктурированных слоев оксидов. Пьезоэлектрические наноструктурированные материалы являются многообещающими строительными элементами нанoeлектроники, сенсорных систем и устройств сбора энергии. Создание универсального высокопроизводительного источника питания для микро- и нанoeлектронных устройств, таких как беспроводные сенсоры, системы мобильных коммуникаций, медицинские имплантаты и другие беспроводные электронные системы, является актуальной практической задачей. Наностержней ZnO - один из первых наноматериалов, применяемых в разработке наногенератора. Активно изучаются также нанопровода на основе других пьезоэлектрических материалов, включая BaTiO₃, PZT и PVDF, однако подавляющее большинство конструкций наногенератора основаны на массивах нанонитей ZnO [1]. Исследованию механических и упругих свойств нанонитей ZnO посвященные теоретические и экспериментальные работы .

Технологии получения наноструктурированных пленок с подходом «снизу вверх» разделяют на 2 основных класса: 1) осаждение из газовой фазы [4], 2) образование наноструктурированных материалов из раствора [5]. Такие методы как химическое осаждение из газовой фазы (chemical vapor deposition - CVD) [6], физическое осаждение из газовой фазы (physical vapor deposition - PVD) [7], металлорганических осаждения из газовой фазы (metal-organic chemical vapor deposition - MOCVD) [8], молекулярно-лучевая эпитаксия (molecular beam epitaxy - MBE) [9] хорошо изучены и широко применяются для синтеза высококачественных наноструктурированных металлов и оксидов металлов, в том числе и оксида цинка. Однако, перечисленные методы требуют высоких температур синтеза и использования сложного оборудования.

Методы образования наноструктурированных материалов из раствора обеспечивают формирование наноструктурированных материалов различной морфологии с помощью самосборки при низкотемпературных химических [10, 11] и электрохимических [12, 13] процессах без использования дорогостоящих вакуумных и других микроэлектронных процессов. С помощью электрохимического метода получают наноструктурированные материалы на ведущих подложках или пленках металлов. Методы формирования материалов из раствора обеспечивают синтез наноструктурированных материалов различной морфологии с помощью самосборки при низкотемпературных химических [11, 14, 15] и электрохимических [12] технологиях без использования дорогостоящих вакуумных и других микроэлектронных процессов. С помощью электрохимического метода получают наноструктурированные материалы на ведущих подложках или пленках металлов. Химические методы образования наноструктурированных материалов из раствора позволяют получать такие материалы на поверхностях с различными физическими и химическими свойствами в зависимости от параметров процесса. Преимуществами таких методов является низкая стоимость, простота реализации, возможность синтеза наноструктур различной формы в зависимости от технологических параметров.

Некоторые основные результаты формирования наноструктурированного ZnO на различных подложках приведены в Таблице 1.1.

Массивы или монослои, состоящие из наноструктур ZnO с различными геометрическими параметрами, могут быть получены методами низкотемпературного химического синтеза, причем интегральные свойства слоя будут варьироваться в зависимости от параметров наноструктур, их формы и расположения на подложке. Наиболее существенными проблемами, которые должны быть решены для массового внедрения устройств сбора энергии, является повышение эффективности преобразования энергии, а также устранение причин, вызывающих деградацию характеристик наноструктурированных слоев и устройства в целом. Поэтому устройства позволяет сбора энергии, в том числе и влияние параметров наноструктурированного слоя на эффективность преобразования энергии, технология производства и физические процессы в его основе должны быть тщательно изучены и проанализированы.

В общем, существует два основных этапа синтеза наноструктурированного ZnO из раствора: (1) подготовка зародышевого тонкого слоя ZnO и (2) формирование собственно наноструктурированного слоя. Для первого шага применяют метод атомно двухслойного осаждения (atomic layer deposition - ALD) [16], радиочастотное напыления [17], золь-гель метод [18-22]. Для второго шага используют метод химического осаждения из раствора или гидротермальный метод.

Электрохимическое осаждение было предложено для формирования различных видов наноструктурированных слоев ZnO, используя растворы на основе нитрата цинка $Zn(NO_3)_2$ [23] или хлорида цинка $ZnCl_2$ [24]. Такой метод является более контролируемым чем другие химические методы, дешевым, однако может быть использован для синтеза наноструктурированных пленок только на ведущих поверхностях.

Формирования наноструктурированного ZnO с помощью метода химического осаждения из водного раствора на основе $Zn(NO_3)_2$ происходит на катоде при низких температурах. Морфология наноструктурированного слоя зависит от состава раствора, температуры и времени синтеза, а также напряжения, прикладывается между электродами. Обычно для реализации этого метода используют двухэлектродные системы.

Электрохимическое осаждение было предложено для формирования различных видов наноструктуры ZnO, используя растворы на основе нитрата цинка $Zn(NO_3)_2$ [23] или хлорида цинка $ZnCl_2$ [24]. Такой метод является более контролируемым чем другие химические методы, дешевым, однако может быть использован для синтеза наноструктурированных пленок только на ведущих поверхностях.

Таблица 1.1

Некоторые основные результаты формирования наноструктурированного ZnO

подкладка	Технология получения зародышевого слоя	Технология получения, источник Zn	Форма и толщина слоя	Концентрация, температура и время	источник
Al_2O_3	-	MOCVD, DEZn	Неравномерные по толщине наностержней,	750 - 850 ° C, [25] 1 ч.	

			4 мкм		
Si (100)	-	PE-CVD	Плотно упакованные образования, 100 - 220 нм	100 - 300 ° C, 1 ч.	[26]
LiNbO ₃ (0001)	-	MOCVD, DEZn	Тонкая пленка из зерен диаметром до 80 нм	800 ° C, 1 ч.	[27]
пленка Cu	-	Электрохимическое осаждение, ZnCl ₂	Плотно упакованные наностержней	0,05 моль / л, 90 ° C, 30 мин.	[28]
ITO	РЧ напыления	Гидротермальный синтез на основе Zn(NO ₃) ₂	Наностержней, 1,3 мкм	0,5 моль / л, 65 - 85 ° C	[29]
Si (100)	ALD	Гидротермальный синтез на основе Zn(NO ₃) ₂	Наностержней, 40-180 нм	0,01 моль / л, 90 ° C, 4 ч.	[16]
Al ₂ O ₃	Золь-гель	Гидротермальный синтез на основе Zn(Ac) ₂	Плотно упакованные наностержней	0,03 моль / л, 90 ° C, 1,5 ч.	[30]
ITO / PES пластик	Золь-гель	Гидротермальный синтез на основе Zn(NO ₃) ₂	стержневые структуры	0,025 моль / л, 95 ° C, 3 ч	[21]
PET полимер	Золь-гель	Гидротермальный синтез на основе ZnCl ₂	Плотно упакованные наностержней, 1 мкм	0,25 моль / л, 90 ° C, 1 ч	[31]
Пленка Cr, Al на стекле	напыления	Гидротермальный синтез на основе Zn(NO ₃) ₂	Стержневые структуры, 1 мкм	0,025 моль / л, 190 ° C, 6 ч	[32]
AlN / Si	Золь-гель	Гидротермальный	Стержневые	0,016 моль / л,	[33]

		синтез на основе $Zn(NO_3)_2$	структуры, 800 нм	$90^\circ C$, 4 ч	
64 ° LiNbO ₃	УХРЧ напыления	Гидротермальный синтез на основе $Zn(NO_3)_2$	Плотно упакованные наностержней	0,0125 моль / л, $70^\circ C$, 1 ч	[34]

Перспективные конструкции преобразователей солнечной энергии

На основе наноструктурированных оксидов известные преобразователи солнечной энергии на основе наноструктурированного ZnO [40]. Типичная конструкция, состоящая из прозрачных электродов (F: SnO₂/стекло), собственно активного слоя и жидкостного электролита, изображена на рис. 1.1 и обеспечивает ток на уровне 1.3 мАсм^{-2} , напряжение 0.7 В, и общую эффективность 0.3%. Основной проблемой использования такой конструкции является жидкостный электролит, ухудшает эксплуатационные свойства преобразователя.

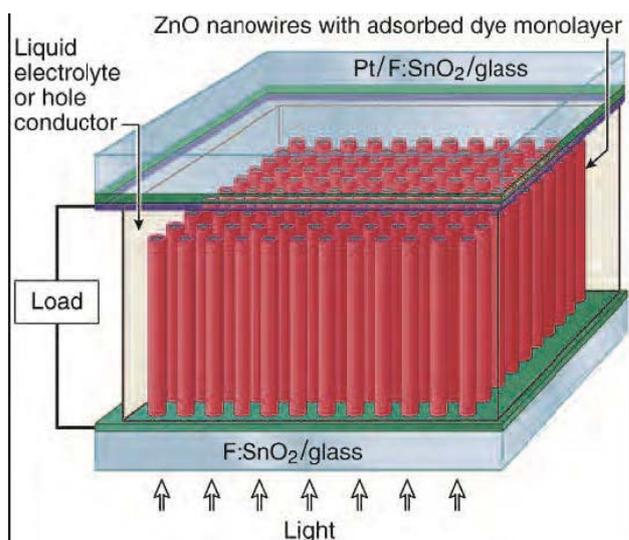


Рис. 1.1 Схематическое изображение сенсibilизированной красителем ячейки преобразования солнечной энергии на основе наноструктур

Нанонити ZnO нашли применение в автономных устройствах различных конструкций в составе сенсорных систем. В работе [41] представлены устройство (рис. 1.2), состоящий из 700 рядов наностержней ZnO, который будет производить напряжение в 1.26 В. Трехслойная комбинация таких массивов позволяет получить пиковую плотность мощности до $2.7 \text{ мВт} \cdot \text{см}^{-3}$. Особенностью такой конструкции является использование иерархических наноструктур в сочетании с жидкостным электролитом-красителем, в качестве прозрачного электрода используют ITO.

Органические солнечные батареи были изготовлены с использованием РЗНТ и РСВМ, которые играют роль донора электронов и акцептора соответственно [42]. Органические солнечные элементы на основе легированного Al ZnO является альтернативой ITO. Органические солнечные элементы с внутренним слоем ZnO, сложившимся между РЗНТ / РСВМ и AZO были также изготовлены (рис. 1.3). Слой ZnO предотвращает шунтированию структуры.

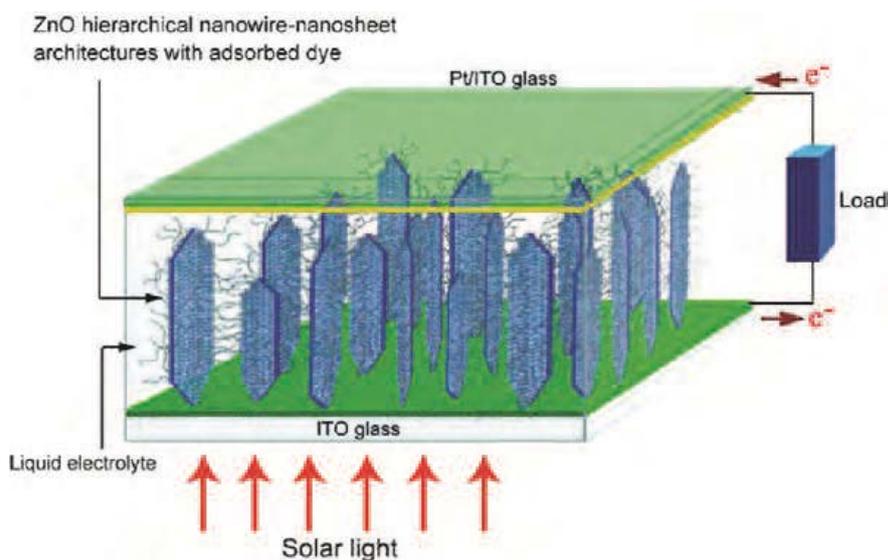


Рис. 1.2 Схематическое изображение сенсibilизированной красителем ячейки преобразования солнечной энергии на основе иерархических наноструктур

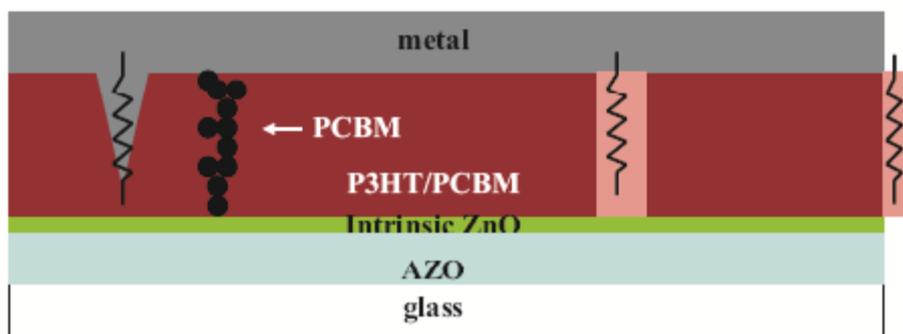


Рис. 1.3 Схематическое изображение шунтирующих элемента в органических солнечных преобразователях на основе ZnO

Показана схема инвертированного солнечного элемента (рис. 1.4) на основе тонкой пленки оксида цинка [43]. Средний размер зерна P3HT / PCBM слоя и окисления электрода Ag имеют прямую связь с изменением эффективности устройства. Самая высокая эффективность составляет 3,8% и достигается в воздухе в течение шести дней без использования PEDOT: PSS и инкапсуляции.

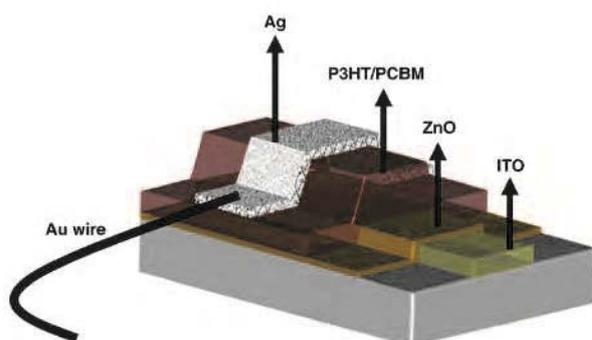


Рис. 1.4 Схематическое изображение инвертированного солнечного элемента на основе ZnO

В [44] продемонстрировали улучшение производительности ячейки на основе гидридной структуры ZnO / P3HT через интерфейс молекулярной модификации на поверхности ZnO (рис. 1.5). В качестве верхнего электрода использовано золото, а слой ITO на стекле выполняет функцию прозрачного электрода. Исследуя динамику носителей заряда на границах раздела ZnO / P3HT, выявлено, что межфазные молекулы могут способствовать разделению зарядов и подавлению рекомбинации на границах раздела.

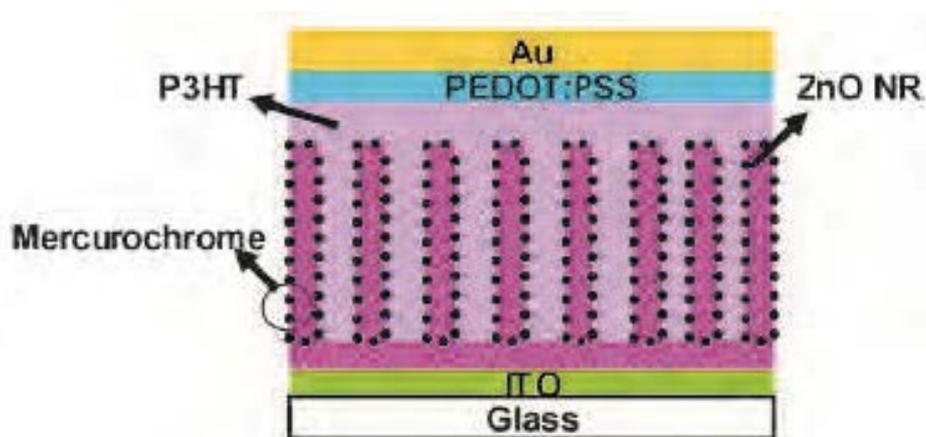


Рис. 1.5 Схематическое изображение гибридного фотовольтаической преобразователя на основе ZnO / P3HT

В [45] исследованы гибридные фотоэлектрические многослойные устройства на основе РЗНТ и упорядоченного массива ZnO (рис. 1.6). Производительность РЗНТ / ZnO гибридных солнечных батарей зависит от условий изготовления, особенно от толщины пленки нановолокон. В качестве электродов использованы золото и ITO. Было обнаружено, что время жизни носителей ниже, в устройстве, состоит из более толстых плотных пленок нановолокон ZnO за счет более высокой плотности поверхностных ловушек в нановолокна ZnO. Устройство с оптимальными условиями изготовления демонстрирует КПД 0,51%.

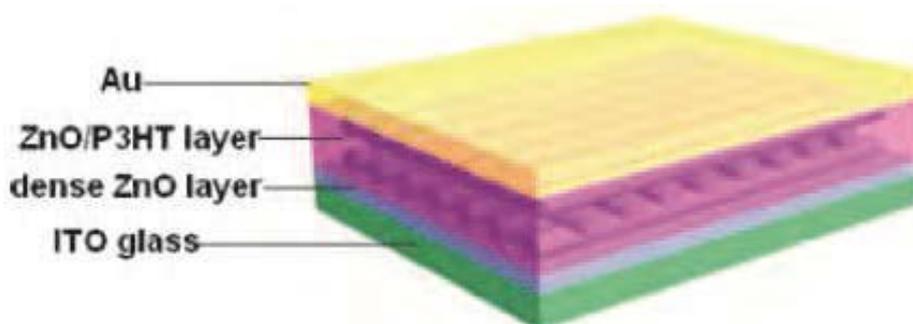


Рис. 1.6 Схематическое изображение гибридного фотовольтаического преобразователя на основе слоя нановолокон ZnO и РЗНТ

Конструкции комбинированных преобразователей энергии среди других важных преобразователей механической энергии в электрическую, пьезоэлектрические преобразователи имеют наибольшую плотность энергии, технологические и наиболее перспективные для использования в качестве миниатюрных систем преобразования энергии. Пьезоэлектрический материал оксид цинка являются нетоксичными и имеет относительно большой коэффициент электромеханической связи, в то время как содержание большого количества (до 70 весовых%) свинца в современных наиболее эффективных пьезоэлектрических материалах PZT и PMN-PT ограничивает их изготовления в больших объемах и создает трудности при утилизации, а полимерные пьезоэлектричества имеют очень низкие пьезоэлектрические коэффициенты. Исследованию механических и упругих свойств наноструктурированного ZnO посвящено много теоретических и практических работ, поскольку получение такого материала с помощью дешевых технологий синтеза и его свойства открывают значительный потенциал для использования в качестве мультифункционального материала сенсоров и приборов накопления и преобразования энергии [46].

Нанопорошок оксида цинка с различными морфологическими структурами синтезировали золь-гель и гидротермальными методами. Изменение условий приготовления было оптимизировано для получения нанопорошка ZnO с большой площадью поверхности. 14 мМ водный раствор дигидрата ацетата цинка смешивали с 0,25 мМ различных исследованных поверхностно-активных веществ, и рН раствора доводили до 9, используя 50 мМ гидроксида натрия. Полученную смесь раствора реагента нагревали при различных температурах на перемешиваемой горячей плите для золь-гель техники. Что касается методики гидротермального приготовления, реакционную смесь раствора выдерживали в автоклаве при 50 Кpsi в течение различных интервалов времени реакции. Полученные белые порошки ZnO несколько раз промывали дистиллированной водой и абсолютным этанолом для удаления любых остаточных солей и центрифугировали при 6000 об / мин в течение 30 минут для отделения оксида наноцинка. Наконец, полученные порошки сушили при 60 ° С в атмосфере воздуха в течение ночи. Были проведены эксперименты с различными параметрами для определения оптимальных условий образования оксида цинка. Различные параметры приготовления, такие как температуры реакции (60, 70, 80 и 90 ° С), время реакции (3, 6, 12, 24 и 48 часов) и типы поверхностно-активных веществ (PVA, PVP, СТАВ, PEG, и TEA) были оптимизированы для получения оксида цинка с различными морфологическими наноструктурами.

Известно, что процесс отжига влияет на степень кристаллизации материала [16]. Наиболее подходящий морфологический наноструктурированный оксид цинка (нанотрубка) будет отожжен при трех различных температурах, 500, 700 и 900 ° С, в течение одного часа с использованием технологии микроволновой поддержки (МАТ). Отожженным образцам затем давали возможность остыть до комнатной температуры перед характеристикой. Изучено влияние температуры отжига на кристалличность оксида цинка и его морфологическую структуру. Противомикробную эффективность полученного ZnO в морфологии нанотрубок после и до процесса отжига сравнивали с использованием одного типа грамположительного и другого грамотрицательного изолята бактерий.

Первый гибридный наногенератор для сбора солнечной энергии и энергии механических колебаний разработан исследовательской группой Вонга [47]. Использование массивов ZnO, выращенных на поверхностях плоской подложке, сенсibilизированных красителем солнечных элементов интегрирован с пьезоэлектрическим наногенератором (рис. 1.7). Основной преобразователь солнечной энергии облучают звуком, а вторая часть превращает ультразвуковые волны от окружающей среды. Конструкции могут работать одновременно или по отдельности, и они могут быть интегрированы в параллельные и последовательные электрические цепи для повышения выходного тока и напряжения, соответственно, а также мощности. Установлено, что выходное напряжение от солнечной батареи может быть использовано для повышения выходного напряжения наногенератора, обеспечивая эффективный подход для эффективного хранения и использования мощности, вырабатываемой наногенератором. Однако, вопрос надежности ограничивается растворителем.

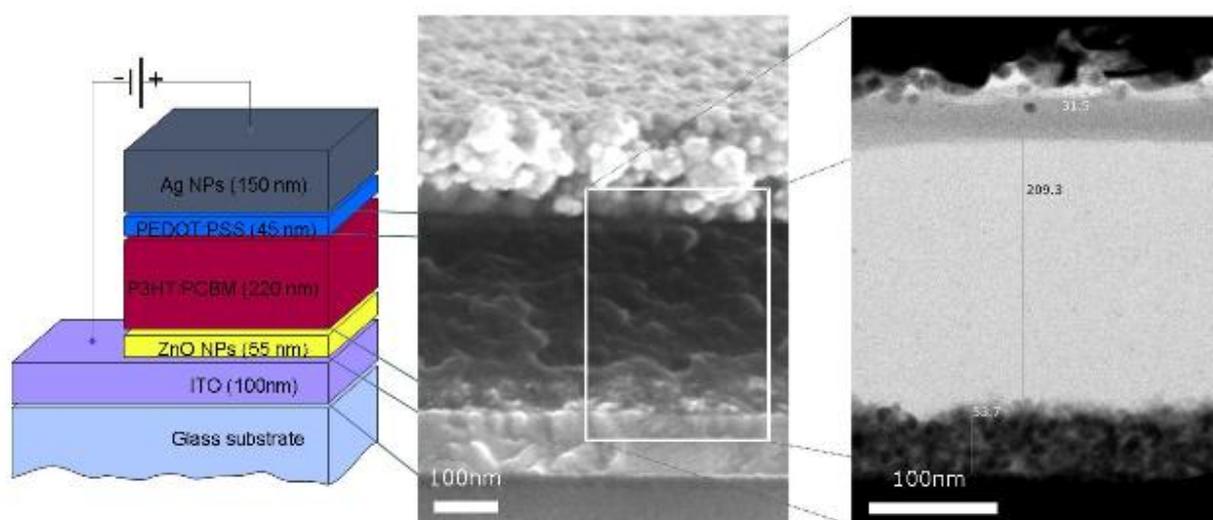


Рис. 1.7 Конструкция комбинированного генератора энергии

Компактный преобразователь, в котором наногенератор на основе ZnO было интегрирован с твердотельным сенсibilизированным преобразователем солнечной энергии, демонстрирует производительность и долговечность благодаря введению твердотельного электролита [48]. В такой реализации преобразователь является единственным прибором. Структура сформирована на подложке GaN, на которой синтезированы наноструктуры ZnO для осуществления преобразования энергии ультразвуковой волны. Вторая часть структуры используется для преобразования солнечной энергии и состоит из наноструктур ZnO, синтезированных на поверхности ИТО, покрытых слоем красителя и дополнительно Spiro-MeOTAD = 2,2', 7,7'-tetrakis (N, N-di (4-methoxyphenyl) -amino) -9,9'-spirobifluorene, а в качестве промежуточного электрода используется золото. На рис. 1.8 бис представлены СЭМ

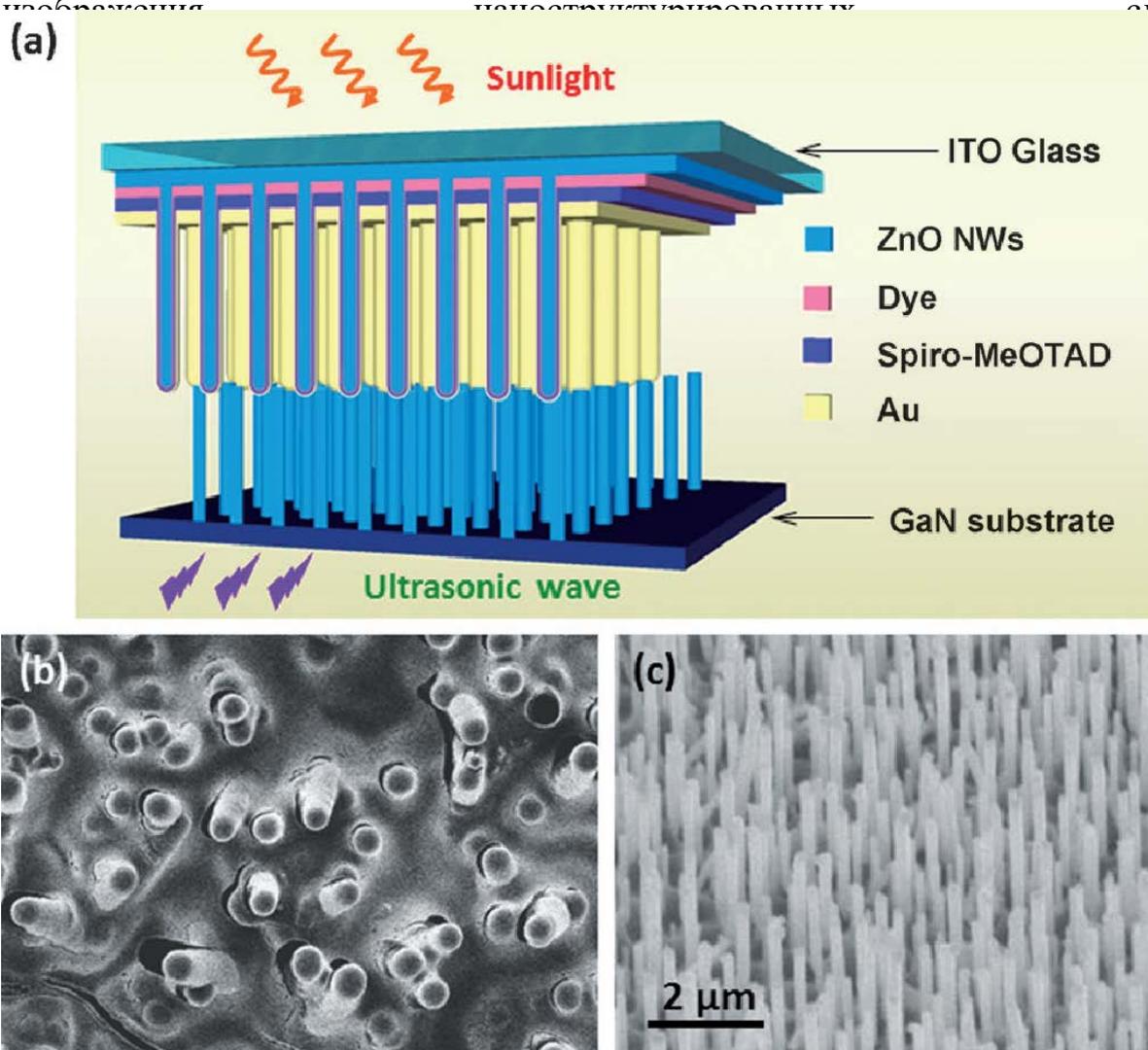


Рис. 1.8 Компактная гибридная ячейка для преобразования солнечной и механической энергии

Пьезоэлектрическая нанопроволока малой мощности была разработана на основе серии наночастиц, подобных нитям ZnO, и верхнего плоского подвижного электрода (рис. 1.9). Показано, что при воздействии механических колебаний с частотой до 100 Гц этот элемент генерирует переменный ток, позволяющий накапливать заряд в конденсаторе. Исследование образца в вибростенде с ускорением $9,8 \text{ м / с}^2$ показало, что устойчивый переменный сигнал 50 мВ при 1,5 В возникает при частоте 20-120 Гц [49].

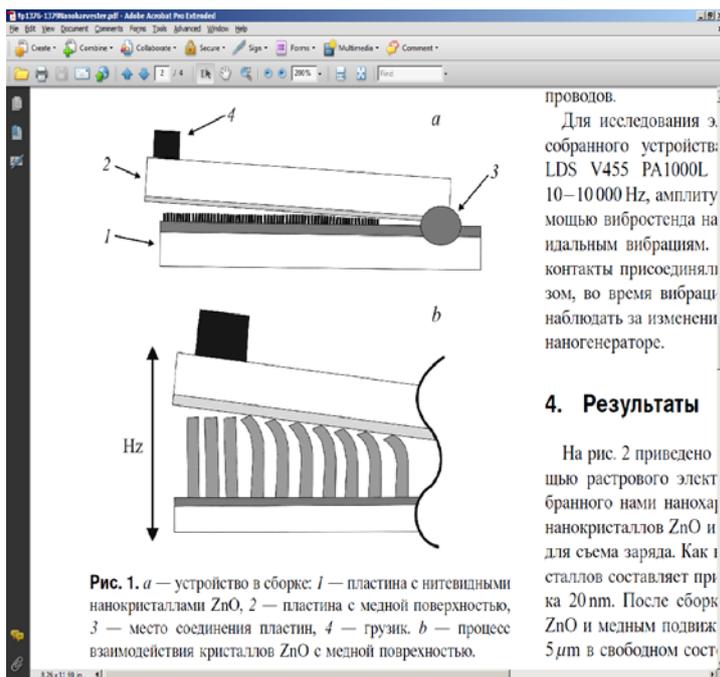


Рис. 1.9 наногенератора в сборке (а): 1- пластина с нанокристаллами, 2 - пластина с медной поверхностью, 3 - место соединения пластин, 4 - нагрузка; (Б) - процесс взаимодействия кристаллов с медной поверхностью

Кроме этого, известны наногенератора, разработанные на гибких подложках, в частности на целлюлозных (рис. 1.10). Активный слой наноструктурированного ZnO синтезировала на золотых электродах между слоями целлюлозной бумаги [50].

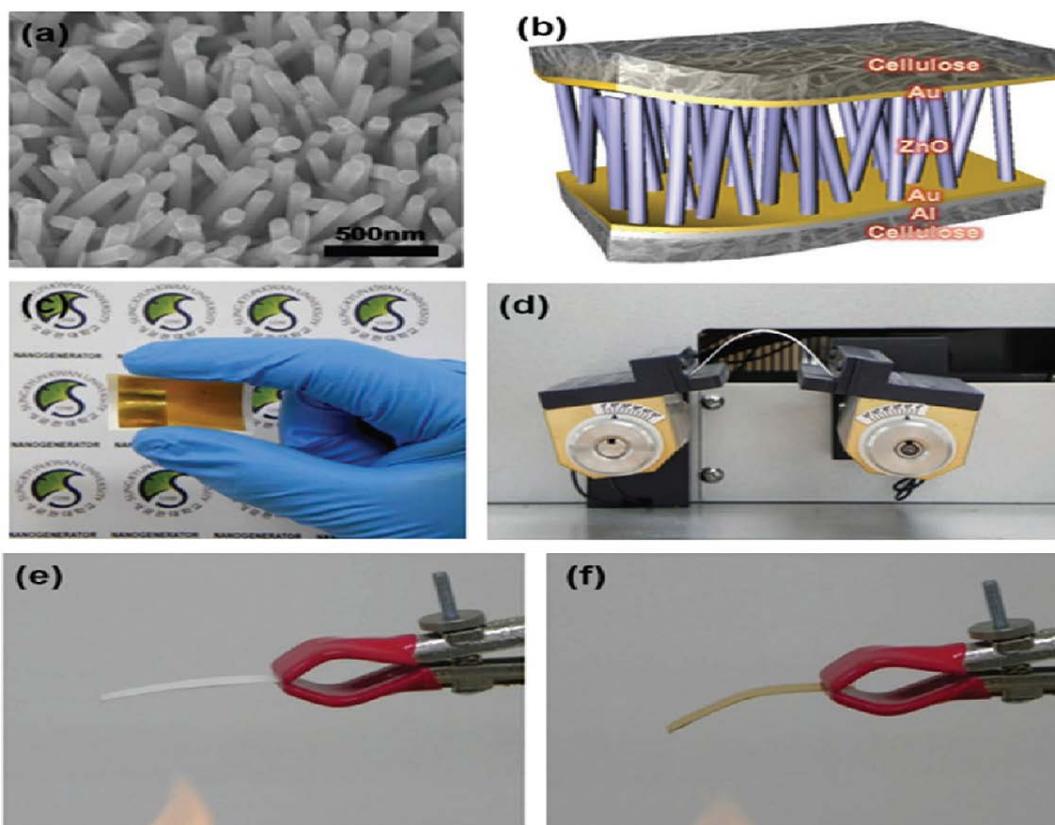


Рис. 1.10 Изображения наногенератора на термостойкой целлюлозном бумаге

Известны применения наногенераторов для интеграции во внутреннюю поверхность колеса и преобразования энергии движения (рис. 1.11). Благодаря гибкости генератора происходит изменение его формы и в момент изгиба генерируется электрический импульс. Энергия нескольких циклов может накапливаться в конденсаторе или батарее для питания других электронных устройств. Измеренное выходное напряжение составляет 1,5 В, ток около 25 нА, перемещение 12 мм с ускорением 30 м / с^2 .

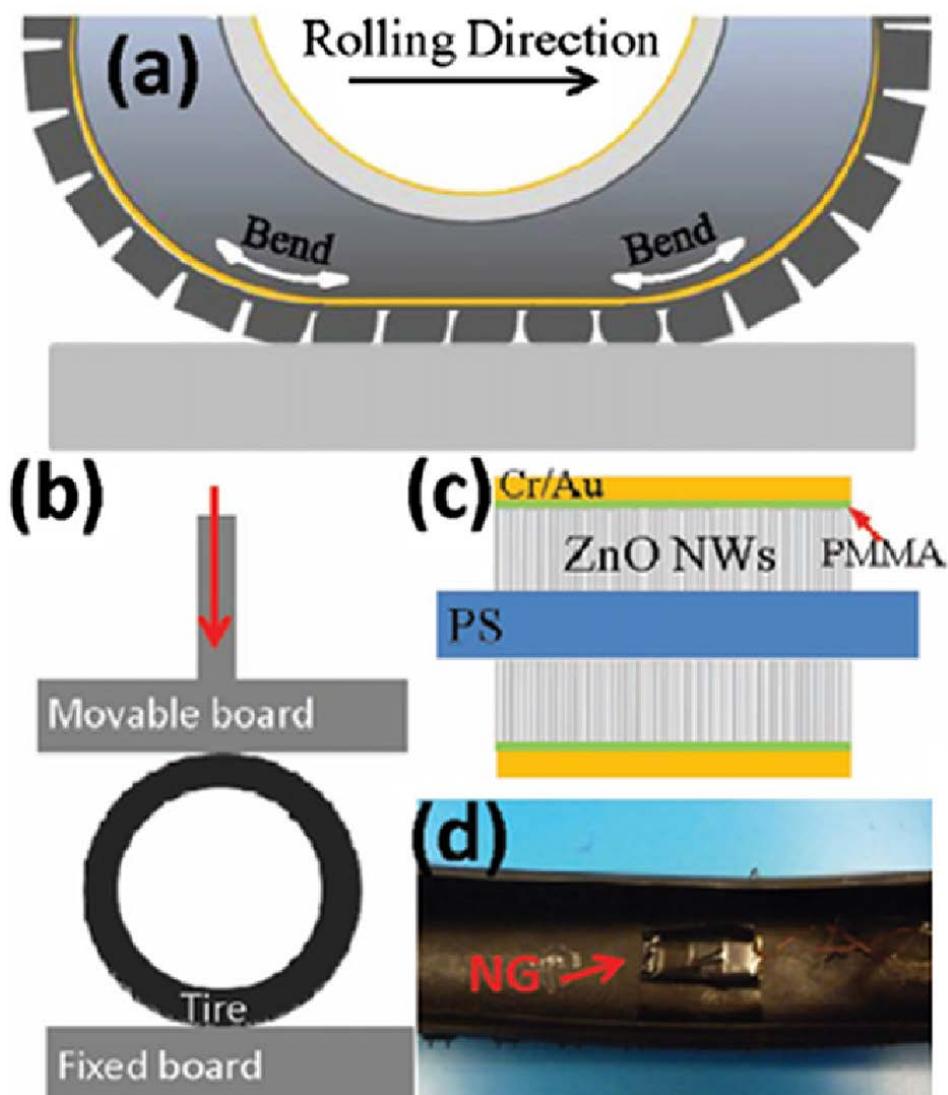


Рис. 1.11 Схема применения наногенератора для преобразования энергии движения

Выводы к разделу 1

Оксид цинка - пьезоэлектрический материал, который может быть синтезирован классическими и инновационными технологиями для использования в качестве функционального материала наногенератора и преобразователей различных видов энергии.

Известны различные конструкции преобразователей солнечной энергии, механической энергии и комбинированные преобразователи нескольких видов энергии внешней среды в электрическую на основе наноструктурированных материалов. Как правило, такие конструкции состоят из двух электродов и расположенного между ними активного слоя. Несмотря на активные исследования таких преобразователей, основные проблемы касаются эффективности преобразования энергии, надежности приборов и технологичности изготовления.

Актуальной задачей является разработка конструкций преобразователей высокой эффективности, в частности на гибких подложках, исследования и усовершенствование технологий синтеза наноструктурированных материалов, отработки технологий формирования надежного верхнего электрода.

Технологические подходы к реализации процессов синтеза нанокристаллического зародышевого слоя, результаты исследований

Атомно-слоевое осаждение поликристаллических слоев ZnO (ALD)

С целью исследования влияния метода формирования зародышевого слоя на свойства наноструктур для получения зародышевого слоя ZnO методом ALD на предварительно очищенных пластинах Si (100) было реализовано технологический процесс в реакторе Savannah S100 (Ultratech / CambridgeNanotech Inc.) при температуре 200 ° C [128] по технологической схеме (таблица 2.1). DEZ вода использовались в качестве прекурсоров Zn и В соответственно. Газ N₂ со скоростью потока ~ 20 sccm использовался в качестве газа-носителя и продувочного газа. Один цикл ALD состоял из следующих шагов: введение H₂O (0,015 с) / продувки N₂ (20 sccm, 10 с) / ввод DEZ (0,015 с) / продувки N₂ (20 sccm, 10 с). 400 циклов позволяют получить зачаточную пленку толщиной 45 нм, что подтверждается микрофотография (рис. 2.1).

Таблица 2.1

Технологическая схема формирования зародышевого слоя методом атомно-двухслойного осаждения

1	Подготовка поверхности пластины
	Отмывание пластины: H ₂ O ₂ , 30 мин, промывка в деионизированной воде 2 мин, сушка на центрифуге.

2	Формирования поликристаллического слоя
2.1	Осаждения слоев ZnO: реактор Savannah S100 (Ultratech / CambridgeNanotech Inc.), температура 200 ° C, прекурсоры DEZ вода, 400 циклов
2.2	Внешний контроль: оптический микроскоп
2.3	Структурный контроль: сканирующий электронный микроскоп, рентгеноструктурный анализ

Полученные пленки состоят из зерен диаметром до 50 нм, имеют незначительную шероховатость и демонстрируют отличную адгезию к подложке. Такая структура полученного материала создает предпосылки к формированию высококачественных наноструктурированных материалов.

Интенсивные дифракционные пики соответствуют плоскостям (100), (002) и (101) ZnO, что подтверждает структуру вюрцита полученных образцов (рис. 2.2) [128]. Однако интенсивность пиков достаточно низкая, что характерно для хаотического роста кристаллитов.

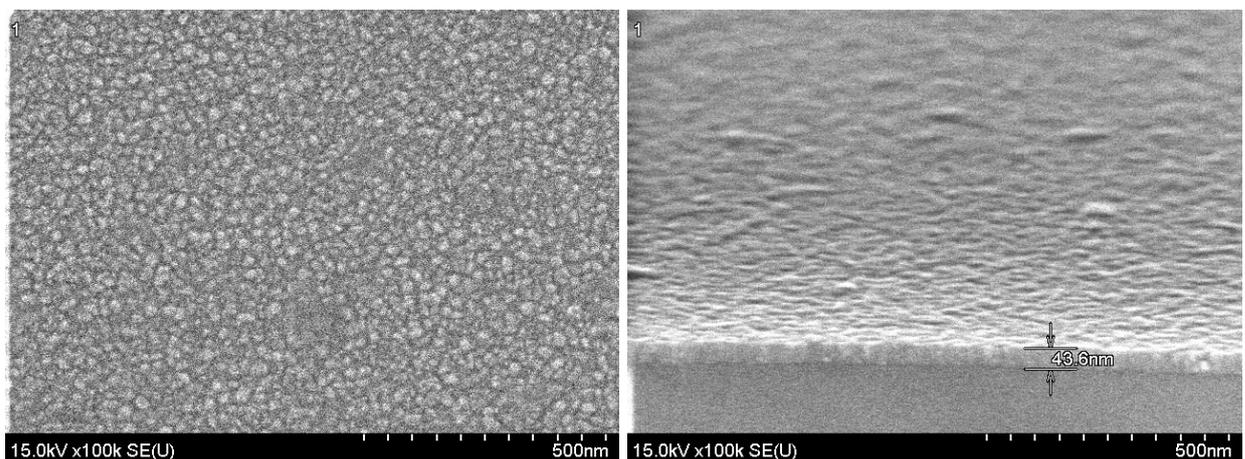


Рис. 2.1 Зародышевая слой ZnO, осажденный на подложке кремния.

Рис. 2.2 Рентгенограмма наноструктурированного ZnO, осажденного на подложке кремния.

Золь-гель технология формирования зародышевых слоев ZnO

Использованная в работе золь-гель технология формирования наноструктурированных материалов заключается в получении золя и последующем переводе его в гель. Основными преимуществами метода является низкая стоимость и возможность формировать наноструктурированные материалы на подложках, независимо от их химического состава, формы и жесткости, поскольку процесс является гибким и может быть реализован при комнатных температурах.

В данной работе для синтеза зародышевой пленки, которая обеспечит центры роста наноструктурированного материала используется $Zn(CH_3COO)_2$.

Необходимым технологическим процессом перед нанесением золь-геля является очистка подложек, для чего использовался 50% раствор перекиси водорода H_2O_2 , процесс происходил при температуре $30^\circ C$ в течение 30 мин. Такой процесс очистки применялся в каждом эксперименте перед нанесением золь-геля для формирования зародышевой пленки.

Золь-гель на основе ацетата цинка $Zn(CH_3COO)_2$ и изопропанола использовался для создания зародышевого слоя ZnO. Раствор моноэтаноламина добавлялся при комнатной температуре в качестве стабилизатора. Концентрация $Zn(CH_3COO)_2$ составляла 0,3 моль / л, а молярное соотношение моноэтаноламина к $Zn(CH_3COO)_2$ - 1,0. Перемешивания полученной смеси с помощью магнитной мешалки происходило при температуре $65^\circ C$ до образования однородного раствора. После чего раствор охлаждался до комнатной температуры и фильтровался с помощью мембранного фильтра с диаметром пор 0,22 мкм. Золь-гель наносили методом центрифугирования на очищенные подложки при комнатной температуре с частотой вращения 3000 об / мин. в течение 30 с. После каждого нанесения пленка сушилась при температуре $100^\circ C$ в течение 30 мин в печи для спекания для окончательного испарения органических составляющих и формирования кристаллической структуры пленки ZnO. После нанесения нескольких слоев проводился отжиг полученной пленки при температуре $400^\circ C$ в течение 30 мин для формирования однородной и стабильной структуры. Технологическая схема представлена в Таблице 2.2.

Таблица 2.2

Технологическая схема формирования зародышевого слоя золь-гель методом

1	Подготовка поверхности пластины
	Отмывание пластины: H_2O_2 , 30 мин, промывка в деионизированной воде 2 мин, сушка на центрифуге
2	Формирования поликристаллического слоя
2.1	Нанесение золь-геля методом центрифугирования: $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 +$ изопропанол + моноэтаноламин, 3000 об / мин
2.2	Сушка 100°C , 30 мин
2.3	Повторение процессов 2.1 и 2.3 раза
2.4	Внешний контроль: оптический микроскоп
2.5	Отжиг 400°C в течение 30 мин
2.6	Внешний контроль: оптический микроскоп
2.7	Структурный контроль: сканирующий электронный микроскоп, рентгеноструктурный анализ

На подложке $128^\circ\text{YX} - \text{LiNbO}_3$ и кварцевом стекле (рис. 2.3) нанесено 2 и 3 слоя золь-геля соответственно и проведения отжиг при температуре 400°C . Пленка, сформированная двумя нанесениями золь-геля имеет толщину 60 нм, а тремя - около 75 нм. Сделан вывод, что количество нанесений влияет на результирующую толщину зародышевой пленки [130, 131].

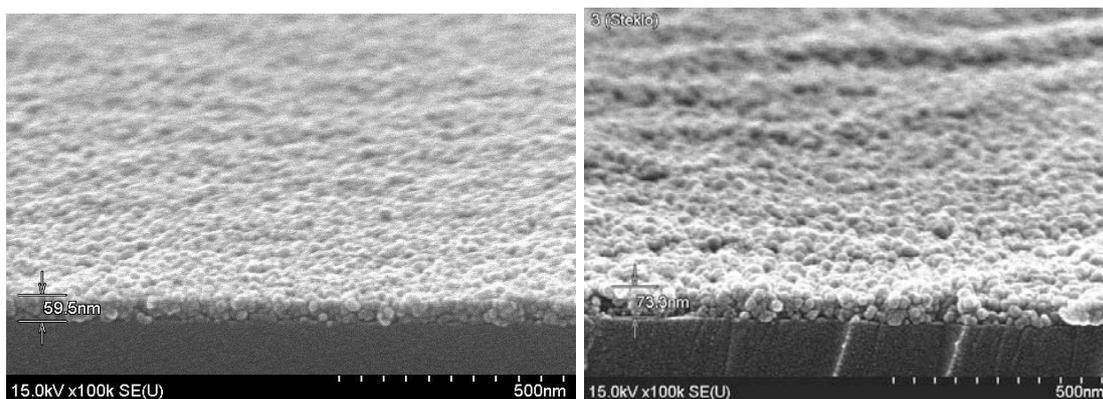


Рис. 2.3 Зародышевые слои ZnO, полученные на подложке ниобата лития (а) и кварцевом стекле (б).

Характер дифрактограммы (рис. 2.4), а именно слабая интенсивность пиков, свидетельствует о том, что кристаллиты в пленке не имеют ярко выраженного направления роста и образуются хаотично.

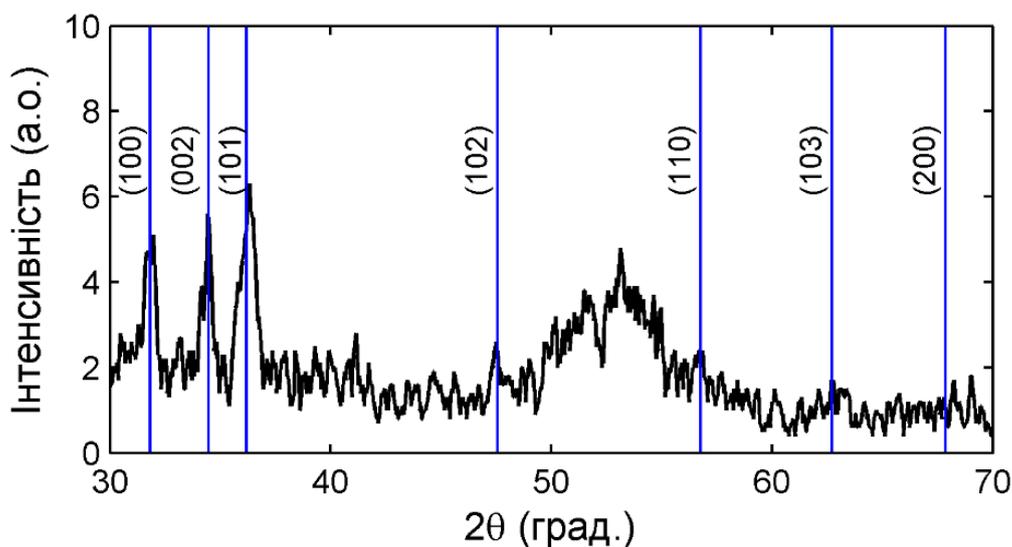


Рис. 2.4 Рентгенограмма наноструктурированного ZnO, осажденного на подложке $128^\circ \text{YX} - \text{LiNbO}_3$.

Для исследования влияния концентрации золь-геля на морфологию зародышевой пленки в следующем эксперименте концентрация Zn $(\text{CH}_3\text{COO})_2$ составляла 0,8 и 1,2 моль / л [129]. После 5 нанесений методом центрифугирования пленка видпалювалася при температуре 400°C , микрофотографии образцов представлены на рис. 2.5.

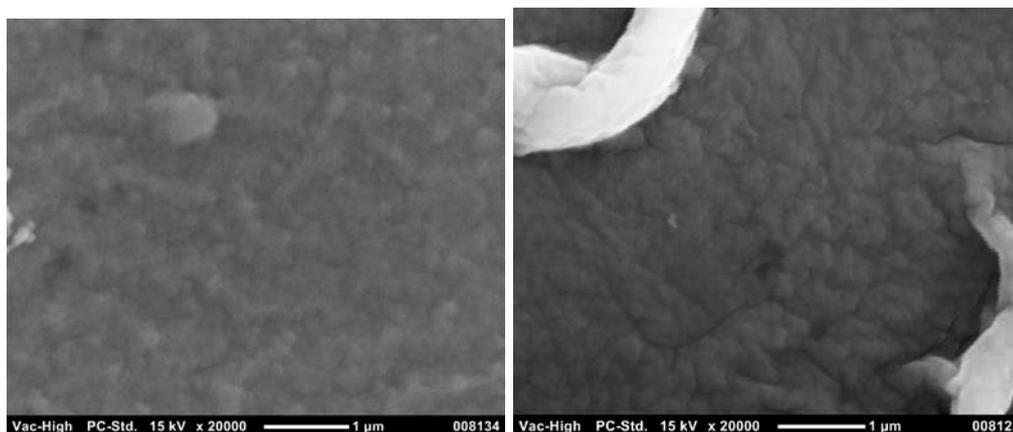


Рис. 2.5 Зародышевые слои ZnO, полученные при концентрации золь-геля 0,8 моль / л (а) и 1,2 моль / л (б).

Установлено, что при меньшей концентрации золь-геля размер отдельных зерен меньше, а распределение зерен по поверхности подложки более однороден. В результате анализа микрофотографий установлено сильную зависимость между концентрацией золь-геля и морфометрическими характеристиками зародышевого слоя.

При концентрации золь-геля 0,8 моль / л пленка является гладкой и содержит зерна малого диаметра. Шероховатость зародышевых слоев увеличивается с увеличением концентрации золь-геля. При концентрации золь-геля 1,2 моль / л диаметр зародышевых центров составляет 50 - 90 нм.

Выводы к разделу 2

С помощью метода ALD и золь-гель метода сформирован зародышевые слои толщиной 45 - 75 нм, что состоят из отдельных кристаллитов. Установлено, что количество нанесений и концентрация золь-геля влияют на толщину и шероховатость слоя, а также на диаметр и структуру зародышевых центров. Формирование зародышевых слоев является обязательным условием синтеза наноструктурированных пленки, состоящей из массива наностержней. Морфология зародышевого слоя определяет диаметр стержня, поскольку зародыши выступают центрами кристаллизации.

3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УЛИЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ НА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ

3.1 История создания солнечной батареи

Когда солнечная батарея была изобретена, она изменила движение производства энергии. Это изменение будет повторяться в течение сотен лет в руках различных физиков и инженеров. История солнечной энергии - это увлекательная история инноваций и прогресса.

Солнечная энергия на самом деле ничего нового. Люди использовали солнечную энергию еще в 7 веке до нашей эры. В своем наиболее примитивном состоянии энергия солнца почиталась и использовалась почти столько же, сколько человек ходил по земле.

Самые ранние виды использования солнечной энергии включали фокусировку солнечной энергии через увеличительное стекло, чтобы зажечь огонь для приготовления пищи. К 3 веку до нашей эры греки и римляне отражали солнечный свет от «горящих зеркал», чтобы зажечь священные факелы для религиозных церемоний.

Солнечные комнаты были изобретены в древние времена, чтобы захватить солнечную энергию для ее естественного тепла. Эти обычно выходящие на юг комнаты отражали и концентрировали солнечный свет от знаменитых римских бань до американских индейцев, и до сих пор популярны во многих современных домах.

Одна легенда в греческой солнечной истории - ученый Архимед, поджигающий осаждение деревянных кораблей из Римской империи. История гласит, что он отражал солнечную энергию света от бронзовых щитов, концентрируя лучи и атакуя врагов, прежде чем они совершат посадку. Думайте об этом как о древнем солнечном лазерном луче. Произошло ли это на самом деле во времена Архимеда или нет, не

проверено. Но этот эксперимент на солнечной энергии был проверен греческим флотом в 1970-х годах. Они подожгли деревянный испытательный корабль в 50 метрах, используя только легендарный бронзовый щит и энергию солнечного света.

Сегодня мы видим солнечные элементы в самых разных местах. Вы можете увидеть автомобили на солнечных батареях. Существует даже самолет на солнечной энергии, который летал выше, чем любой другой самолет, за исключением Blackbird. Учитывая, что стоимость солнечных элементов находится в пределах бюджета каждого, солнечная энергия никогда не выглядела такой соблазнительной.

Недавно новая технология дала нам солнечные элементы с трафаретной печатью и солнечную ткань, которую можно использовать для обшивки дома, даже солнечную черепицу, которая устанавливается на наших крышах. Международные рынки открылись, и производители солнечных батарей теперь играют ключевую роль в солнечной энергетике.

3.2 Принцип действия солнечной батареи

Фотоэлектрические модули, обычно называемые солнечными модулями, являются ключевыми компонентами, используемыми для преобразования солнечного света в электричество. Солнечные модули сделаны из полупроводников, которые очень похожи на те, которые используются для создания интегральных схем для электронного оборудования. Наиболее распространенный тип полупроводника, который в настоящее время используется, сделан из кристалла кремния. Кристаллы кремния ламинированы в слои n-типа и p-типа, уложенные друг на друга. Свет, падающий на кристаллы, вызывает «фотоэлектрический эффект»,

который генерирует электричество. Произведенное электричество называется постоянным током (DC) и может быть использовано немедленно или сохранено в батарее. Для систем, установленных в домах, обслуживаемых электросетью, устройство, называемое инвертором, преобразует электричество в переменный ток (AC), стандартную мощность, используемую в жилых домах.

Кристаллы кремния высокой чистоты используются для изготовления солнечных элементов. Кристаллы перерабатываются в солнечные элементы методом плавки и литья. Затем отливку в форме куба нарезают на слитки, а затем нарезают на очень тонкие пластины.

Обработка вафель

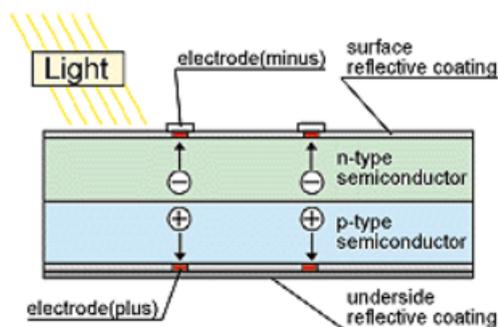
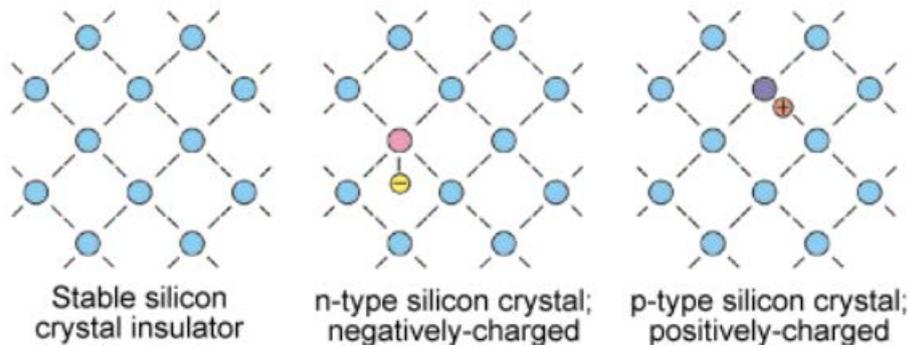
Атомы кремния имеют четыре «плеча». В стабильных условиях они становятся идеальными изоляторами. Комбинируя небольшое количество пятируких атомов (с избыточным электроном), отрицательный заряд произойдет, когда солнечный свет (фотоны) достигнет избыточного электрона. Затем электрон разряжается из руки, чтобы свободно перемещаться. Кремний с этими характеристиками проводит электричество. Это называется (отрицательный) полупроводник n-типа, и обычно это вызвано тем, что кремний «легирован» фосфористой пленкой.

Напротив, объединение трехруких атомов без одного электрона приводит к дыре с отсутствующим электроном. Полупроводник будет нести положительный заряд. Это называется (положительный) полупроводник p-типа, и обычно получается, когда бор допирован кремнием.

P-n-переход формируется путем размещения полупроводников p-типа и n-типа рядом друг с другом. P-тип с одним меньшим электроном притягивает избыточный электрон из n-типа для стабилизации. Таким образом, электричество вытесняется и генерирует поток электронов, иначе известный как электричество.

Когда солнечный свет попадает на полупроводник, электрон возникает и притягивается к полупроводнику n-типа. Это вызывает больше негативов в полупроводниках n-типа и больше позитивов в p-типе, тем самым генерируя

более высокий
поток
электричества.
Это
фотоэлектрический эффект.



P-n переход или электронно-дырочный переход

Диод p-n перехода - это основное полупроводниковое устройство, которое контролирует протекание электрического тока в цепи. Он имеет

положительную (p) сторону и отрицательную (n) сторону. Если вы читаете этот урок на компьютере или ноутбуке, который подключен к электрической розетке, то, вероятно, вы сейчас используете такой диод. Продолжайте читать, и вы узнаете, где вы, скорее всего, найдете этот диод.

Но сейчас давайте поговорим о составе диода p-n-перехода. Это на самом деле довольно простая вещь. Большинство из них сделаны из кремния, что позволяет диоду работать при более высоких температурах, что важно для предотвращения перегрева вашей электроники. Чтобы сделать диод p-n-перехода, к каждой стороне кремниевого полупроводника добавляется различная примесь, чтобы изменить количество дополнительных дырок или электронов. В чистом кремниевом полупроводнике число дырок для электронов равно. Если дырок больше, чем электронов, то эта сторона является p-стороной. Если электронов больше, чем дырок, то это становится n-стороной. Однако то, что есть положительная и отрицательная сторона, не означает, что материал электрически заряжен. Поскольку примеси были добавлены, материал все еще электрически нейтрален. Просто добавленные примеси либо оставляют дыры, либо добавляют больше свободных электронов. Когда вы размещаете положительную сторону вместе с отрицательной, вы получаете p-n-переход, который также является p-n-. Таким образом, вы получаете название p-n переходного диода.

На чертежах диоды нарисованы треугольником, указывающим на линию. Треугольник действует как стрелка, показывающая, в каком направлении течет ток. Основание треугольника является положительной стороной, а конец с линией - отрицательной стороной диода. Ток течет от положительного к отрицательному. Если ток пытается течь другим путем, то диод блокирует ток, следовательно, линию на конце треугольника. Это показывает, что если ток пытается течь в этом направлении, он не будет работать.

Если ток течет в том же направлении, что и диод р-п-перехода, называемый прямым смещением, то все будет работать плавно, положительные дыры будут двигаться в отрицательную сторону и наоборот. Это поддерживает ток. Но если ток течет в другом направлении, называемом обратным смещением, то в середине полупроводника он создает барьер, блокирующий движение дырок и электронов и останавливающий поток тока.

Гетеропереход

Гетеропереход - это граница раздела между двумя слоями или областями разнородных кристаллических полупроводников. Эти полупроводниковые материалы имеют неравные запрещенные зоны в отличие от гомоперехода. Часто выгодно проектировать электронные энергетические полосы во многих приложениях твердотельных устройств, включая полупроводниковые лазеры, солнечные элементы и транзисторы и многие другие. Комбинация нескольких гетеропереходов в устройстве называется гетероструктурой, хотя эти два термина обычно используются взаимозаменяемо. Требование, чтобы каждый материал представлял собой полупроводник с неравными запрещенными зонами, является довольно слабым, особенно на небольших масштабах длины, где электронные свойства зависят от пространственных свойств. Более современным определением гетероперехода является поверхность раздела между любыми двумя твердотельными материалами, включая кристаллические и аморфные структуры из металлических, изоляционных, быстрых ионопроводящих и полупроводниковых материалов. Поведение полупроводникового перехода в решающей степени зависит от выравнивания энергетических зон на границе раздела. Полупроводниковые интерфейсы могут быть организованы в три типа гетеропереходов: переходная щель (тип I), ступенчатая щель (тип II) или разрывная щель (тип III), как показано на рисунке [3]. Вдали от соединения изгиб полосы может быть вычислен на основе обычной процедуры решения уравнения Пуассона. Существуют различные модели для прогнозирования выравнивания полосы.

Простейшей (и наименее точной) моделью является правило Андерсона, которое предсказывает выравнивание полос на основе свойств границ раздела вакуум-полупроводник (в частности, сродства к вакуумному электрону). Основным ограничением является пренебрежение химической связью.

Было предложено общее правило анионов, которое предполагает, что, поскольку валентная зона связана с анионными состояниями, материалы с одинаковыми анионами должны иметь очень небольшие смещения валентной зоны.

В квантовых точках энергии зон зависят от размера кристалла из-за эффектов квантового размера. Это позволяет проектировать смещение полосы в наноразмерных гетероструктурах. Можно использовать те же материалы, но изменить тип соединения, скажем, с колебания (тип I) на ступенчатый (тип II), изменяя размер или толщину вовлеченных кристаллов. Наиболее распространенной наноразмерной гетероструктурной системой является ZnS на CdSe (CdSe @ ZnS), которая имеет сдвиг трансграничного зазора (тип I). В этой системе гораздо большая ширина запрещенной зоны ZnS пассивирует поверхность флуоресцентного ядра CdSe, тем самым увеличивая квантовую эффективность люминесценции. Существует дополнительный бонус повышенной термической стабильности благодаря более прочным связям в оболочке ZnS, что подтверждается его большей шириной запрещенной зоны. Поскольку CdSe и ZnS растут как в кристаллической фазе цинкбленда, так и в точном соответствии с решеткой, предпочтительным является рост оболочки ядра. В других системах или в других условиях роста может быть возможно выращивать анизотропные структуры, такие как та, что показана на изображении справа.

Было показано, что движущей силой для переноса заряда между зонами проводимости в этих структурах является смещение зоны проводимости.

Уменьшая размер нанокристаллов CdSe, выращенных на TiO₂, Робел и др. обнаружили, что электроны быстрее переходят из более высокой зоны проводимости CdSe в TiO₂. В CdSe квантовый размерный эффект намного более выражен в зоне проводимости из-за меньшей эффективной массы, чем в валентной зоне, и это имеет место в большинстве полупроводников. Следовательно, проектирование смещения зоны проводимости обычно намного проще с наноразмерными гетеропереходами. Для разнесенных смещенных наноразмерных гетеропереходов может происходить фотоиндуцированное разделение зарядов, поскольку там наименьшее энергетическое состояние для дырок может быть на одной стороне перехода, тогда как наименьшая энергия для электронов находится на противоположной стороне. Было высказано предположение, что анизотропные гетеропереходы со ступенчатым зазором (тип II) могут быть использованы для фотокатализа, особенно для расщепления воды солнечной энергией.

3.3 Преимущества и недостатки солнечных батарей

1. Возобновляемый источник энергии

Среди всех преимуществ солнечных панелей, самое главное, что солнечная энергия является действительно возобновляемым источником энергии. Он

может быть использован во всех уголках мира и доступен каждый день. Мы не можем исчерпать солнечную энергию, в отличие от некоторых других источников энергии. Солнечная энергия будет доступна до тех пор, пока у нас есть солнце, поэтому солнечный свет будет доступен нам по крайней мере 5 миллиардов лет, когда, по мнению ученых, солнце умрет.

2. Уменьшает счета за электроэнергию

Поскольку вы будете удовлетворять некоторые свои энергетические потребности электричеством, которое вырабатывает ваша солнечная система, ваши счета за электроэнергию уменьшатся. То, сколько вы сэкономите на своем счете, будет зависеть от размера солнечной системы и вашего потребления электроэнергии или тепла. Кроме того, вы не только будете экономить на счетах за электроэнергию, но также есть возможность получать платежи за избыточную энергию, которую вы экспортируете обратно в сеть. Если вы производите больше электроэнергии, чем используете (учитывая, что ваша солнечная панель подключена к электросети).

3. Разнообразные приложения

Солнечная энергия может быть использована для различных целей. Вы можете генерировать электричество (фотоэлектрические) или тепло (солнечное тепло). Солнечная энергия может использоваться для производства электроэнергии в районах, не имеющих доступа к энергосистеме, для дистилляции воды в регионах с ограниченными запасами чистой воды и для питания спутников в космосе. Солнечная энергия также может быть интегрирована в материалы, используемые для зданий. Недавно Sharp представила прозрачные окна солнечной энергии.

4. Низкие эксплуатационные расходы

Солнечные энергетические системы обычно не требуют большого обслуживания. Вам нужно только содержать их в чистоте, поэтому очистка их пару раз в год сделает эту работу. Если вы сомневаетесь, вы всегда

можете положиться на специализированные клининговые компании, которые предлагают эту услугу от £ 25- £ 35. Самые надежные производители солнечных батарей предлагают гарантию 20-25 лет. Кроме того, поскольку нет движущихся частей, нет износа. Инвертор обычно является единственной деталью, которую необходимо заменить через 5-10 лет, потому что он постоянно работает над преобразованием солнечной энергии в электричество и тепло (солнечная фотоэлектрическая энергия против солнечной тепловой). Помимо инвертора, кабели также нуждаются в обслуживании, чтобы обеспечить максимальную эффективность вашей солнечной энергосистемы. Таким образом, после покрытия первоначальной стоимости солнечной системы, вы можете ожидать очень мало расходов на техническое обслуживание и ремонтные работы.

5. Развитие технологий

Технологии в солнечной энергетике постоянно развиваются, и в будущем усовершенствования будут ускоряться. Инновации в квантовой физике и нанотехнологиях могут потенциально повысить эффективность солнечных панелей и удвоить или даже утроить электрическую мощность солнечных энергетических систем.

Недостатки

1. Стоимость

Начальная стоимость покупки солнечной системы довольно высока. Это включает в себя оплату за солнечные батареи, инвертор, батареи, проводку и за установку. Тем не менее, солнечные технологии

постоянно развиваются, поэтому можно с уверенностью предположить, что цены будут снижаться в будущем.

2. Зависит от погоды

Хотя солнечная энергия все еще может собираться в облачные и дождливые дни, эффективность солнечной системы падает. Солнечные панели зависят от солнечного света для эффективного сбора солнечной энергии. Поэтому несколько облачных дождливых дней могут оказать заметное влияние на энергетическую систему. Вы должны также принять во внимание, что солнечная энергия не может быть собрана в течение ночи. С другой стороны, если вам также требуется, чтобы ваш водонагревательный раствор работал ночью или в зимнее время, термодинамические панели являются альтернативой.

3. Хранение солнечной энергии стоит дорого

Солнечная энергия должна использоваться немедленно, или она может храниться в больших батареях. Эти батареи, используемые в автономных солнечных системах, можно заряжать в течение дня, чтобы энергия использовалась ночью. Это хорошее решение для использования солнечной энергии в течение всего дня, но это также довольно дорого. В большинстве случаев разумнее просто использовать солнечную энергию в течение дня и брать энергию из сети в течение ночи (это можно сделать только в том случае, если ваша система подключена к сети). К счастью, ваша потребность в энергии обычно выше в течение дня, поэтому вы можете удовлетворить большую часть ее с помощью солнечной энергии.

4. Использует много места

Чем больше электроэнергии вы хотите производить, тем больше солнечных батарей вам понадобится, так как вы хотите собрать как можно больше солнечного света. Солнечные фотоэлектрические

панели требуют много места, а некоторые крыши недостаточно велики, чтобы соответствовать количеству солнечных панелей, которое вы хотели бы иметь. Альтернативой является установка некоторых панелей в вашем дворе, но они должны иметь доступ к солнечному свету. Если у вас нет места для всех панелей, которые вы хотели, вы можете установить меньшее количество, чтобы удовлетворить некоторые ваши энергетические потребности.

5. Связано с загрязнением

Хотя загрязнение, связанное с солнечными энергетическими системами, намного меньше по сравнению с другими источниками энергии, солнечная энергия может быть связана с загрязнением. Транспортировка и установка солнечных систем были связаны с выбросом парниковых газов. Есть также некоторые токсичные материалы и опасные продукты, используемые в процессе производства солнечных фотоэлектрических систем, которые могут косвенно влиять на окружающую среду. Тем не менее, солнечная энергия загрязняет гораздо меньше, чем другие альтернативные источники энергии.

3.4 Погодные условия и количество солнечного излучения

Температуры воздуха происходят из-за поглощения лучистой энергии от Солнца. Они подвержены многим влияниям, в том числе влиянию атмосферы, океана и суши, и изменяются ими. Поскольку изменение солнечного излучения является единственным наиболее важным фактором, влияющим на климат, оно рассматривается здесь в первую очередь.

Погодные условия

Ядерный синтез глубоко внутри Солнца высвобождает огромное количество энергии, которая медленно передается на солнечную поверхность, откуда она излучается в космос. Планеты перехватывают мельчайшие доли этой энергии, количество которых зависит от их размера и расстояния от Солнца. Например, площадь в 1 квадратный метр (11 квадратных футов), перпендикулярная (90°) лучам Солнца в верхней части атмосферы Земли, получает около 1365 Вт солнечной энергии. (Это количество сравнимо с энергопотреблением типичного электрического нагревателя.) Из-за небольшой эллиптичности земной орбиты вокруг Солнца количество солнечной энергии, перехваченной Землей, неуклонно растет и падает на $\pm 3,4$ процента в течение года, достигая максимума 3 января, когда Земля ближе всего к Солнцу. Хотя около 31 процента этой энергии не используется, поскольку она рассеивается обратно в космос, оставшегося количества достаточно для обеспечения движения атмосферных ветров и океанических течений и для поддержания почти всей биосферной активности.

Большинство поверхностей не перпендикулярно Солнцу, и энергию, которую они получают, зависит от угла их солнечного возвышения. (Максимальная высота над уровнем моря составляет 90° для Солнца над головой.) Этот угол систематически изменяется в зависимости от широты, времени года и времени суток. Угол возвышения в полдень достигает максимума на всех широтах к северу от тропика Рака ($23,5^\circ$ с.ш.) около 22 июня и минимума около 22 декабря. К югу от тропика Козерога ($23,5^\circ$ с.ш.) верно обратное, и

между В двух тропиках максимальный угол возвышения (90°) встречается два раза в год. Когда Солнце имеет меньший угол места, солнечная энергия менее интенсивна, потому что она распространяется по большей площади. Таким образом, изменение высоты Солнца является одним из основных факторов, объясняющих зависимость климатического режима от широты. Другим основным фактором является длина дневного света. Для широты к полюсу $66,5^\circ$ с.ш. и юг длина дня колеблется от нуля (зимнее солнцестояние) до 24 часов (летнее солнцестояние), тогда как на экваторе постоянный 12-часовой день в течение года. Следовательно, сезонный диапазон температур уменьшается от высоких широт до тропиков, где он становится меньше суточного диапазона температур.

Солнечное излучение

Из лучистой энергии, достигающей верхней части атмосферы, 46 процентов поглощается земной поверхностью в среднем, но это значение значительно варьируется от места к месту, в зависимости от облачности, типа поверхности и высоты. Если существует постоянный облачный покров, как это существует в некоторых экваториальных регионах, большая часть падающего солнечного излучения рассеивается обратно в космос и очень мало поглощается поверхностью Земли. Поверхности воды имеют низкую отражательную способность (4–10 процентов), за исключением низкой солнечной высоты, и являются наиболее эффективными поглотителями. Снежные поверхности, с другой стороны, имеют высокую отражательную способность (40–80 процентов), как и самые плохие поглотители. Высотные пустынные районы постоянно поглощают солнечное излучение выше среднего из-за уменьшенного воздействия атмосферы над ними.

Дополнительные 23 процента падающей солнечной радиации в среднем поглощаются в атмосфере, особенно водяным паром и облаками на малых высотах, а также озоном (O₃) в стратосфере. Поглощение солнечной радиации озоном защищает поверхность Земли от вредного

ультрафиолетового света и нагревает стратосферу, создавая максимальные температуры от -15 до 10 ° C (от 5 до 50 ° F) на высоте 50 км (30 миль). Большая часть атмосферного поглощения происходит при ультрафиолетовой и инфракрасной длинах волн, поэтому более 90 процентов видимой части солнечного спектра с длинами волн от $0,4$ до $0,7$ мкм (от $0,00002$ до $0,00003$ дюйма) достигает поверхности в безоблачный день. Однако видимый свет в различной степени рассеивается облачными каплями, молекулами воздуха и частицами пыли. Голубое небо и красные закаты в действительности связаны с преимущественным рассеянием коротких (синих) длин волн молекулами воздуха и мелкими частицами пыли. Облачные капли рассеивают видимые длины волн беспристрастно (следовательно, облака обычно кажутся белыми), но очень эффективно, поэтому отражающая способность облаков к солнечному излучению обычно составляет около 50 процентов и может достигать 80 процентов для толстых облаков.

Постоянный прирост солнечной энергии у поверхности Земли систематически возвращается в космос в виде тепловыделяющего излучения в инфракрасной части спектра. Длина излучаемой волны в основном составляет от 5 до 100 мкм ($0,0002$ и $0,004$ дюйма), и они по-разному взаимодействуют с атмосферой по сравнению с более короткими длинами волн солнечного излучения. Очень мало излучения, испускаемого земной поверхностью, проходит непосредственно через атмосферу. Большая часть его поглощается облаками, углекислым газом и водяным паром, а затем переизлучается во всех направлениях. Таким образом, атмосфера действует как радиационное покрытие над поверхностью Земли, препятствуя потере тепла в космос. Эффект поверхностного покрытия наиболее выражен при наличии низких облаков и наиболее слаб при ясном холодном небе, в котором содержится мало водяного пара. Без этого эффекта средняя температура поверхности 15 ° C (59 ° F) была бы на 30 ° C ниже. И наоборот, поскольку атмосферные концентрации углекислого газа, метана,

хлорфторуглеродов и других поглощающих газов продолжают увеличиваться, во многом благодаря деятельности человека, температура поверхности должна повышаться из-за способности таких газов улавливать инфракрасное излучение. Точная величина этого повышения температуры, однако, остается неопределенной из-за непредсказуемых изменений в других компонентах атмосферы, особенно в облачном покрове. Крайним примером такого эффекта (обычно называемого парниковым эффектом) является эффект, создаваемый плотной атмосферой планеты Венера, что приводит к температуре поверхности около 475 ° C (887 ° F). Это условие существует, несмотря на то, что высокая отражательная способность венерианских облаков заставляет планету поглощать меньше солнечного излучения, чем Земля.

3.5 Традиционные системы управления уличным освещением

Скорость изменения температуры в любом регионе прямо пропорциональна энергетическому балансу региона и обратно пропорциональна его теплоемкости. Хотя радиационный баланс может доминировать над средним энергетическим балансом многих поверхностей, безызлучательная передача и накопление энергии также, как правило, важны при рассмотрении локальных изменений.

Главным среди охлаждающих эффектов является энергия, необходимая для испарения поверхностной влаги, которая производит атмосферный водяной пар. Большая часть скрытой теплоты, содержащейся в водяном паре, впоследствии выделяется в атмосферу во время образования выпадающих облаков, хотя незначительное количество может быть возвращено непосредственно на поверхность во время росы или замерзания. Испарение увеличивается с повышением температуры поверхности, уменьшением относительной влажности и увеличением скорости приземного ветра. Дыхание растений также увеличивает скорость испарения, что объясняет,

почему температура на орошаемом поле обычно ниже, чем на близлежащей сухой поверхности дороги.

Другим важным безызлучательным механизмом является теплообмен, который происходит, когда температура воздуха отличается от температуры поверхности. В зависимости от того, является ли поверхность теплее или холоднее, чем воздух рядом с ней, тепло передается в атмосферу или из атмосферы турбулентным движением воздуха (более свободно - конвекцией). Этот эффект также увеличивается с увеличением разницы температур и с увеличением скорости приземного ветра. Прямая передача тепла воздуху может быть важным механизмом охлаждения, который ограничивает максимальную температуру сухих поверхностей. В качестве альтернативы, это может быть важным согревающим механизмом, который ограничивает минимальную температуру холодных поверхностей. Такое потепление чувствительно к скорости ветра, поэтому спокойные условия способствуют снижению минимальных температур.

В аналогичной категории всякий раз, когда возникает разность температур между поверхностью и средой под поверхностью, происходит передача тепла в среду или из нее. В случае поверхностей земли тепло передается посредством проводимости, процесс, в котором энергия передается через материал от одного атома или молекулы к другому. В случае водных поверхностей передача осуществляется конвекцией и, следовательно, может зависеть от горизонтального переноса тепла в больших водоемах.

Средние значения различных слагаемых в энергетических балансах атмосферы и поверхности приведены на диаграмме. Отдельные термины могут быть скорректированы в соответствии с местными условиями и могут использоваться в качестве помощи для понимания различных температурных характеристик, обсуждаемых в следующем разделе. Глобальные колебания средних температур приземного воздуха во многом обусловлены широтой, континентальностью, океанскими течениями и преобладающими ветрами.

Влияние широты проявляется в больших градиентах север-юг средней температуры, которые наблюдаются в средних и высоких широтах в каждом зимнем полушарии. Эти градиенты связаны главным образом с быстрым уменьшением доступной солнечной радиации, но также частично с более высокой отражательной способностью поверхности в высоких широтах, связанной со снегом и льдом и низкими солнечными высотами. Широкая область тропического океана, напротив, показывает небольшое изменение температуры.

Континентальность является мерой различия между континентальным и морским климатом и в основном является результатом увеличенного диапазона температур, который происходит на суше по сравнению с водой. Это различие является следствием гораздо меньшей эффективной теплоемкости поверхностей, а также их в целом сниженных скоростей испарения. Нагрев или охлаждение поверхности земли происходит в виде тонкого слоя, глубина которого определяется способностью земли проводить тепло. Наибольшие изменения температуры происходят для сухих песчаных почв, поскольку они являются плохими проводниками с очень малой эффективной теплоемкостью и не содержат влаги для испарения. Безусловно, наибольшие эффективные теплоемкости - это у водных поверхностей, как благодаря перемешиванию воды у поверхности, так и проникновению солнечной радиации, которая распределяет нагрев на глубину в несколько метров. Кроме того, около 90 процентов радиационного баланса океана используется для испарения. Температура океана, таким образом, меняется медленно.

1.6 Системы автоматического управления уличным освещением

Существует два основных уровня, на которых атмосфера нагревается, а именно: на поверхности Земли и в верхней части озонового слоя (около 50 км или 30 миль вверх) в стратосфере. Радиационный баланс показывает чистый прирост на этих уровнях в большинстве случаев. Преобладающие температуры имеют тенденцию уменьшаться с удалением от этих поверхностей нагрева (кроме ионосферы и внешних слоев атмосферы, где работают другие процессы). Средняя в мире скорость изменения температуры (изменения с высотой) в нижних слоях атмосферы составляет от 0,6 до 0,7 ° C на 100 метров (от 1,1 до 1,3 ° F на 300 футов). Более низкие температуры преобладают при увеличении высоты над уровнем моря по двум причинам: (1) из-за менее благоприятного радиационного баланса в свободном воздухе и (2) из-за восходящего воздуха - независимо от того, поднимается ли он конвекционными потоками над относительно теплой поверхностью или поднимается вверх над горами - испытывает снижение температуры, связанное с его расширением по мере снижения давления вышележащей атмосферы. Это скорость адиабатического скачка температуры, которая составляет около 1 ° C на 100 метров (около 2 ° F на 300 футов) для сухого воздуха и 0,5 ° C на 100 метров (около 1 ° F на 300 футов) для насыщенного воздуха, в котором конденсация (с выделением скрытой теплоты) производится адиабатическим охлаждением. Разница между этими скоростями изменения температуры (и, следовательно, плотности) восходящих воздушных потоков и состоянием окружающего воздуха определяет, являются ли восходящие потоки ускоренными или замедленными, то есть является ли воздух нестабильным, поэтому вертикальная конвекция с его характерно сопутствующими Высоко-кучевые облака и развитие ливня поощряются или является ли оно устойчивым, и конвекция ослаблена.

По этим причинам температура воздуха, наблюдаемая на холмах и в горах, как правило, ниже, чем на низменности, за исключением случаев с обширными плоскогорьями, которые имеют повышенную поверхность нагрева (и в тихие солнечные дни, когда даже горный пик способен заметно теплый воздух, который остается в контакте с ним).

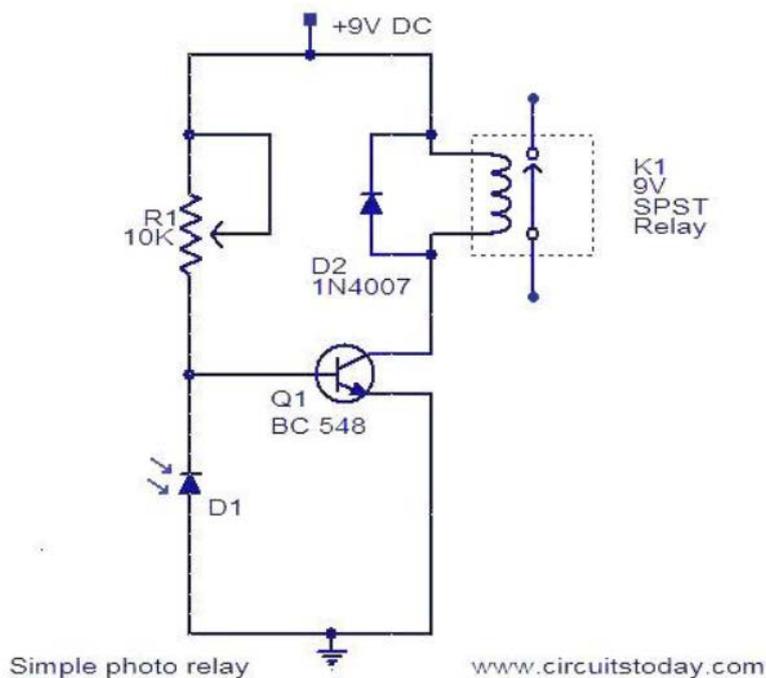
Циркуляция океана является ключевым фактором в распределении температуры воздуха. Океанские течения, имеющие северную или южную составляющую, такие как теплый Гольфстрим в Северной Атлантике или холодное течение Перу (Гумбольдт) у Южной Америки, эффективно обмениваются теплом между низкими и высокими широтами. В тропических широтах океан обеспечивает треть или более переноса тепла к полюсу; на широте 50° северной широты доля океана составляет около одной седьмой. В отдельных секторах, где расположены течения, их значение, конечно, намного больше, чем эти цифры, которые представляют средние значения полушария.

Хорошим примером влияния теплого течения является поток Гольфстрима в январе, который вызывает сильный градиент между востоком и западом при температурах на восточной окраине североамериканского континента. Относительное тепло Гольфстрима влияет на температуру воздуха по всей Атлантике, а преобладающие западные районы распространяют эффект потепления вглубь северной Европы. В результате январские температуры в Тромсё, Нор. ($69^\circ 40'$ с.ш.), например, в среднем на 24°C (43°F) выше среднего значения для этой широты. Гольфстрим оказывает теплое влияние в июле, но это не так заметно из-за влияния континентальности.

Океан, особенно в областях, где поверхность теплая, также поставляет влагу в атмосферу. Это, в свою очередь, способствует тепловому балансу тех областей, в которых водяной пар конденсируется в облака, освобождая при этом скрытое тепло. Этот набор событий часто происходит в высоких широтах и в местах, удаленных от океана, где первоначально поглощалась влага.

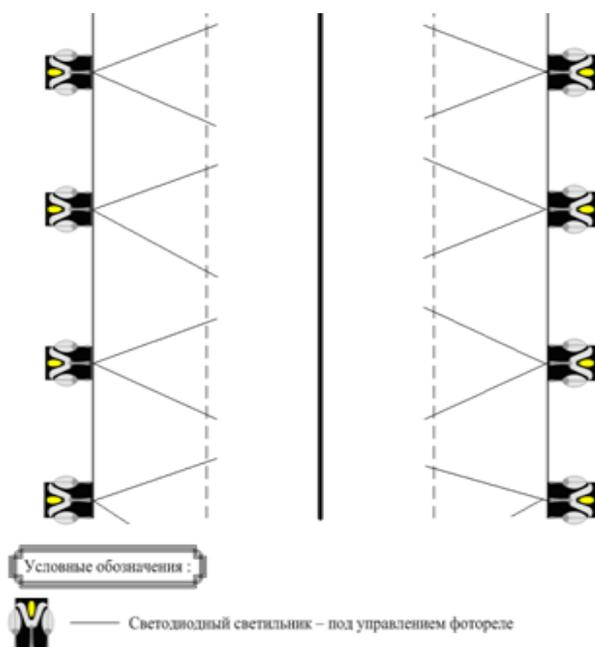
Использование фотореле

Фотореле или реле, активируемое светом, представляет собой цепь, которая размыкает и замыкает контакты реле в соответствии с освещением. Здесь фотодиод используется для измерения света. Фотодиод предлагает высокое сопротивление, когда на него не падает свет. фотодиод подключен в обратном смещенном состоянии. Единственный ток, протекающий через него, будет из-за неосновных носителей. Когда свет падает на него, ток из-за неосновных несущих увеличивается, и диод предлагает низкое сопротивление. В результате Напряжение на диоде не будет достаточным, чтобы сделать транзистор Q1 смещенным в прямом направлении, и реле будет выключено. Когда наступит темнота, сопротивление фотодиода возрастет, и напряжение на нем станет достаточным, чтобы сместить транзистор Q1 в прямом направлении, сделав реле включенным. Диод D2 используется в качестве диода свободного хода для защиты транзистора от переходных процессов, возникающих при переключении реле. Таким образом, нагрузка, подключенная через контакты реле, может включаться и выключаться в зависимости от света, падающего на фотодиод.



Использование GSM – модема

Экономика, в значительной степени основанная на сельском хозяйстве, требует инновационных и надежных методов полива. Недостатки ручных методов полива можно устранить с помощью автоматизированного процесса. Эта статья представляет идею метода автоматического полива, и следующие исследования подтверждают эту идею. Задача автоматического полива выполняется с помощью датчиков влажности почвы. В проекте кроме датчика влажности почвы. Датчики влажности и температуры также используются для ускорения процесса. Предлагаемый дизайн также имеет функцию GSM, которая делает эту систему беспроводной. Электроэнергия, необходимая для компонентов, подается через солнечные батареи, поэтому это освобождает нас от перебоев в питании из-за сброса нагрузки. Содержание воды постоянно оценивается, и всякий раз, когда уровень влажности почвы становится низким, система посылает сигнал двигателям с просьбой их включить. Двигатели автоматически останавливаются после того, как почва достигает своего максимального верхнего порогового значения, которое определяется пользователем. Основными преимуществами проекта являются предотвращение потерь воды, рост растений до их максимального потенциала, меньшие шансы на ошибку из-за меньшего количества труда и бесперебойной подачи воды из-за солнечной энергии.



4. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

4.1 Светодиодные светильники

Разнообразные светодиодные светильники являются радикально новым типом осветительных приборов, представляющих собой фактически переориентацию от лампы как источника света к транзистору. Полупроводниковый светодиод в светодиодных светильниках преобразует энергию электрического тока в световую. Технологией будущего светодиодные светильники называются благодаря экономичному расходу электроэнергии. Один мощный светодиодный светильник потребляет 12-15 Вт.

Благодаря высокому КПД и отсутствию инфракрасного излучения любые светодиодные светильники во время работы практически не нагреваются. Существующие ныне светодиодные светильники состоят из десятков, а иногда из сотен светодиодов. Качество цветного света – пока ещё непревзойденное достижение светодиодных технологий. Принципиальным отличием светодиодных светильников от всех остальных является их беспрецедентно большой срок службы (до 100 000 часов).

Ультрафиолет обозначает полосу электромагнитного спектра с длиной волны от 10 до 400 нм, которая короче, чем у видимого света, но длиннее, чем рентгеновские лучи. Ультрафиолетовое излучение присутствует в солнечном свете и составляет около 10% от общего светового выхода Солнца. Это также произведено электрическими дугами и специализированными огнями, такими как ртутные лампы, лампы для загара и черные огни. Хотя длинноволновое ультрафиолетовое излучение не считается ионизирующим излучением, поскольку его фотонам не хватает энергии для ионизации атомов, оно может вызывать химические реакции и вызывать свечение или флуоресценцию многих веществ. Следовательно, химическое и

биологическое воздействие ультрафиолета больше, чем простое нагревание, и многие практические применения ультрафиолетового излучения проистекают из его взаимодействия с органическими молекулами.

Загар и солнечный ожог - это знакомые эффекты чрезмерного воздействия ультрафиолета на кожу, а также повышенный риск развития рака кожи. Живые существа на суше будут серьезно повреждены ультрафиолетовым излучением Солнца, если большая их часть не будет отфильтрована земной атмосферой. Более энергичный «экстремальный» ультрафиолетовый свет с меньшей длиной волны ниже 121 нм ионизирует воздух настолько сильно, что он поглощается до того, как достигнет земли. Ультрафиолет также ответственен за формирование укрепляющего кости витамина D у большинства наземных позвоночных, включая людей (в частности, UVB). Таким образом, ультрафиолетовый спектр оказывает благотворное и вредное воздействие на здоровье человека.

Нижний предел длины волны человеческого зрения обычно принимается равным 400 нм, поэтому ультрафиолетовые лучи невидимы для человека, хотя некоторые люди могут воспринимать свет на немного более коротких длинах волн, чем этот (см. Ниже). Насекомые, птицы и некоторые млекопитающие могут видеть вблизи ультрафиолета.

4.2 Фотоэлектрический преобразователь

Фотоэлектрический эффект - это излучение электронов или других свободных носителей, когда свет попадает на материал. Электроны, испускаемые таким образом, можно назвать фотоэлектронами. Это явление обычно изучается в электронной физике, а также в таких областях химии, как квантовая химия или электрохимия.

В 1900 году, изучая излучение черного тела, немецкий физик Макс Планк предположил, что энергия, переносимая электромагнитными волнами, может высвобождаться только в «пакетах» энергии. В 1905 году Альберт Эйнштейн опубликовал работу, выдвигающую гипотезу о том, что световая энергия переносится в дискретных квантованных пакетах, чтобы объяснить экспериментальные данные из фотоэлектрического эффекта. Это был ключевой шаг в развитии квантовой механики. В 1914 году эксперимент Милликана подтвердил модель фотоэлектрического эффекта Эйнштейна. Эйнштейн был удостоен Нобелевской премии в 1921 году за «открытие закона фотоэлектрического эффекта», а Роберт Милликен был удостоен Нобелевской премии в 1923 году за «его работу над элементарным зарядом электричества и фотоэффектом».

Согласно классической электромагнитной теории, фотоэлектрический эффект можно объяснить передачей энергии от света к электрону. С этой точки зрения изменение интенсивности света будет вызывать изменения кинетической энергии электронов, испускаемых из металла. Кроме того, согласно этой теории, достаточно тусклый свет должен показывать временную задержку между первоначальным сиянием его света и последующим излучением электрона. Однако экспериментальные результаты

не коррелировали ни с одним из двух предсказаний, сделанных классической теорией.

Вместо этого эксперименты показали, что электроны смещаются только при столкновении фотонов, когда эти фотоны достигают или превышают пороговую частоту (энергию). Ниже этого порога электроны не испускаются из материала, независимо от интенсивности света или продолжительности воздействия света. (Редко, электрон убегает, поглощая два или более квантов. Однако это крайне редко, потому что к тому времени, когда он поглощает достаточно квантов, чтобы убежать, электрон, вероятно, испустит остальную часть квантов.) Чтобы понять факт что свет может испускать электроны, даже если его интенсивность мала, Эйнштейн предположил, что луч света - это не волна, распространяющаяся в пространстве, а скорее набор дискретных волновых пакетов (фотонов), каждый из которых имеет энергию $h\nu$. Это проливает свет на предыдущее открытие Планком соотношения Планка ($E = h\nu$), связывающего энергию (E) и частоту (ν) как возникающую из квантования энергии. Коэффициент h известен как постоянная Планка.

Для фотоэффекта требуются фотоны с энергиями, приближающимися к нулю (в случае отрицательного сродства к электрону) до более 1 МэВ для остовных электронов в элементах с высоким атомным номером. Для испускания электронов проводимости из типичных металлов обычно требуется несколько электрон-вольт, соответствующих коротковолновому видимому или ультрафиолетовому свету. Изучение фотоэлектрического эффекта привело к важным шагам в понимании квантовой природы света и электронов и повлияло на формирование концепции дуальности волны-частицы. Другие явления, когда свет влияет на движение электрических зарядов, включают фотопроводящий эффект (также известный как фотопроводимость или фоторезистивность), фотоэлектрический эффект и фотоэлектрохимический эффект.

Фотоэмиссия может происходить из любого материала, но ее легче всего наблюдать из металлов или других проводников, потому что процесс вызывает дисбаланс зарядов, и если этот дисбаланс зарядов не нейтрализуется потоком тока (допускается проводимостью), потенциальный барьер для эмиссии увеличивается до тех пор, пока ток эмиссии прекращается. Также обычно иметь излучающую поверхность в вакууме, поскольку газы препятствуют потоку фотоэлектронов и затрудняют их наблюдение. Кроме того, энергетический барьер для фотоэмиссии обычно увеличивается за счет тонких оксидных слоев на металлических поверхностях, если металл подвергся воздействию кислорода, поэтому в большинстве практических экспериментов и устройств, основанных на фотоэлектрическом эффекте, чистые металлические поверхности используются в вакууме.

Когда фотоэлектрон испускается в твердое тело, а не в вакуум, часто используется термин внутренняя фотоэмиссия, и эмиссия в вакуум выделяется как внешняя фотоэмиссия.

ФЭ модуль TSM-180

День за днем мы видим заголовки, показывающие рост солнечной фотоэлектрической энергии по всему миру, от Китая до Индии, Германии и Соединенных Штатов. Растущий спрос на солнечную энергию стимулирует прогресс в исследованиях и разработках солнечных фотоэлектрических технологий. Однако во многих отношениях фундаментальная технология генерации солнечной энергии не претерпела существенных изменений с момента введения монокристаллической солнечной панели в 1950-х годах. Стало только лучше, так как улучшения в эффективности, качестве и универсальности продолжают развиваться.

Монокристаллическая солнечная панель может быть оригинальной солнечной фотоэлектрической технологией, но она испытывает трудности как из-за устоявшихся, так и из-за появления новых технологий, таких как цена, эффективность и универсальность. Солнечные фотоэлектрические модули, изготовленные из поликристаллического кремния, а также тонкопленочные солнечные фотоэлектрические технологии нового поколения, предоставляют жилым, коммерческим, промышленным и коммунальным клиентам разнообразные возможности для удовлетворения их потребностей в производстве солнечной энергии.

Разнообразие доступных технологий солнечной энергетики работает в зависимости от эффективности вашего проекта, цены, долговечности и гибкости. Фотоэлектрическая солнечная технология генерирует энергию, потому что такие вещества, как кремний, генерируют электрический ток, когда они поглощают солнечный свет, в процессе, известном как фотоэлектрический эффект. Подобно полупроводникам, солнечная фотоэлектрическая технология нуждается в очищенном кремнии, чтобы получить максимальную эффективность, а цена солнечного фотоэлектрического производства часто определяется процессом очистки кристаллического кремния.

Монокристаллический кремний Solar PV: самый эффективный

Как правило, монокристаллическая кремниевая солнечная фотоэлектрическая система является наилучшей технологией для обеспечения эффективности, измеряемой выходной мощностью, соответствующей размеру панели. Но эта эффективность может прийти с затратами. Лучшее значение - солнечная фотоэлектрическая технология - это поликристаллический кремний, предлагающий уровни эффективности,

близкие к монокристаллическим панелям, но в некоторых случаях вдвое дешевле.

Монокристаллическая солнечная энергия производится путем выращивания монокристалла. Поскольку эти кристаллы обычно имеют овальную форму, монокристаллические панели нарезаются по характерным узорам, которые придают им узнаваемый вид: нарезанные кремниевые ячейки обнажают недостающие углы в решетчатой структуре. Кристаллический каркас в монокристаллическом материале является ровным, производя устойчивый синий цвет и не оставляя следов зерен, что придает ему наилучшую чистоту и высокий уровень эффективности.

Поликристаллический кремний Solar PV: лучшее значение

Поликристаллическая солнечная энергия производится путем заливки расплавленного кремния в отливку. Однако из-за этого метода строительства кристаллическая структура будет формироваться неидеально, создавая границы, где образование кристаллов разрушается. Это придает поликристаллическому кремнию его характерный зернистый вид, поскольку рисунок типа драгоценного камня выделяет границы в кристалле.

Из-за этих примесей в кристалле поликристаллический кремний менее эффективен по сравнению с монокристаллическим. Однако этот производственный процесс использует меньше энергии и материалов, что дает ему существенное преимущество в стоимости по сравнению с монокристаллическим кремнием. (Поликристаллический и поликристаллический часто являются синонимами, но под поликристаллическим часто подразумевается кремний с кристаллитами размером более 1 мм.)

Тонкопленочный Solar PV: портативный и легкий вес

Технология с наименьшей долей рынка - тонкопленочная, но, хотя она имеет ряд недостатков, она является хорошим вариантом для проектов с меньшими требованиями к мощности, но требующими небольшого веса и портативности. Тонкопленочные технологии дали максимальный КПД 20,3%, при этом наиболее распространенный материал - аморфный кремний - 12,5%.

Тонкопленочные панели могут быть изготовлены из различных материалов, при этом основными вариантами являются аморфный кремний (a-Si), наиболее распространенный тип, теллурид кадмия (CdTe) и селенид меди-индия-галлия (CIS / CIGS). Как технология, которая все еще появляется, тонкопленочные элементы имеют потенциал, чтобы быть дешевле. Тонкие пленки могут стать движущей силой на потребительском рынке, где ценовые соображения могут сделать его более конкурентоспособным.

Солнечная эффективность PV

По данным Министерства энергетики США, поликристаллический кремний лидирует на рынке: 55% поставок фотоэлектрических технологий в 2013 году по сравнению с 36% для монокристаллического. До настоящего времени исследования позволили получить поликристаллические ячейки с максимальной эффективностью 20,4%, а монокристаллическая технология раздвинула границы на 25%.

Будь то крыша дома или солнечная ферма для энергосистем, подключенных к сети, пространство и площадь часто являются ключевым компонентом любого проекта солнечной энергии, что часто делает эффективность модулей критическим элементом для разработчиков проектов. Эффективность

большинства солнечных панелей составляет от 13 до 16%, хотя некоторые высокопроизводительные модели могут достигать 20%.

Для большинства применений моно- или поликристаллическое солнечное фотоэлектрическое решение обычно является наилучшим вариантом, поскольку эти устоявшиеся технологии обычно обеспечивают правильный баланс цены, эффективности и надежности. Для большинства коммерческих и промышленных применений кристаллический кремний по-прежнему является стандартом и будет использоваться долгие годы. Компания Vasari Energy обнаружила, что поликристаллический продукт предлагает нашим клиентам желаемое сочетание эффективности, долговечности и цены

4.3 Гибкие солнечные батареи на основе нанопроводов оксида цинка

Гибкие солнечные батареи на основе красителей, созданные на пластиковой подложке – лёгкие, тонкие и удобные. Стоимость их производства невысока, и они могут принимать самые необычные формы. Всё это является определяющими критериями для применения в портативных устройствах. На сегодняшний день разработано множество технологий получения данного рода солнечных батарей, однако существует потребность в создании именно высокогибких устройств. Обычная технология производства заключается в нанесении тонкой плёнки пористого материала (например, TiO_2 или ZnO) с последующей пропиткой «губки» различными красителями: высокое содержание красителя обеспечивает более высокое значение КПД устройства. При этом конструкция остаётся жёсткой, а большие изгибы могут привести к трещинам, что снижает срок службы устройства и его эффективность.

Авторы работы, опубликованной в *Applied Physics Letters*, использовали низкотемпературный гидротермальный синтез для получения морфологии, подобной той, что представлена на рисунке 1b. На рисунке 2 представлены микрофотографии полученных нанопроводов оксида цинка. Был проведён ряд экспериментов по изгибу изготовленной солнечной батареи и измерению

основных её параметров (рис.3); результаты свидетельствуют о том, что значительных изменений свойств не наблюдается даже после 2000 изгибов.

Далее учёные решили модифицировать поверхность нанопроводов оксида цинка, вследствие недостаточной эффективности полученного ранее устройства. Микрофотографии модифицированного материала для солнечной батареи и сравнения характеристик с материалом на основе не модифицированных нанопроводов представлены на рисунке 4. Применение наночастиц на поверхности нанопроводов позволило увеличить общую эффективность работы солнечной батареи более чем в 2 раза, при этом после изгибов вольтамперные характеристики устройства практически не изменились.

Учёные надеются, что развитие подобных подходов для создания солнечных батарей позволит создавать дешёвые и гибкие солнечные батареи, которые найдут своё применение в одежде, портативной технике и т.д.

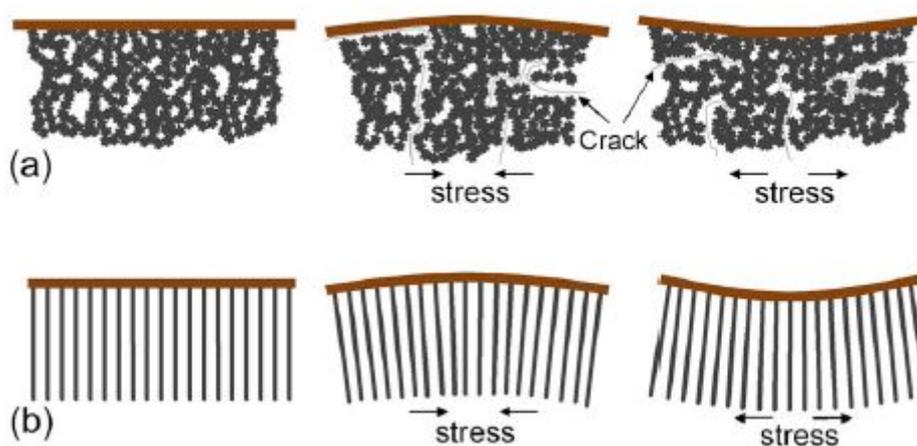


Рис.1. Схематическое представление изгибов пленки для солнечных батарей на основе мезопористого материала (a) и массива нанопроводов.

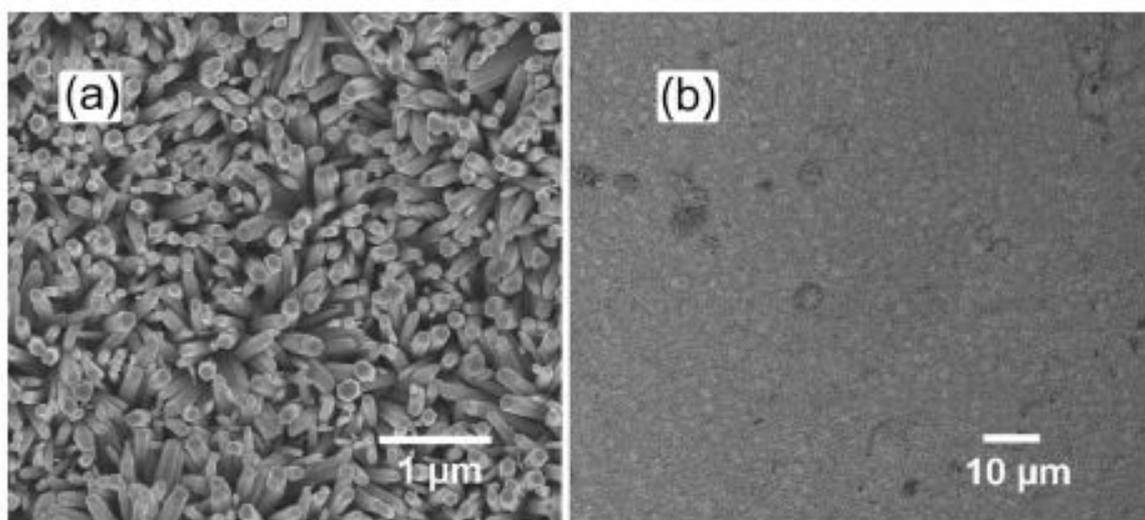


Рис.2. SEM-изображения нанопроводов, выращенных на пластиковой подложке с помощью низкотемпературного гидротермального синтеза: (a) только полученный образец и (b) образец после 2000 изгибов с радиусом 5 мм.

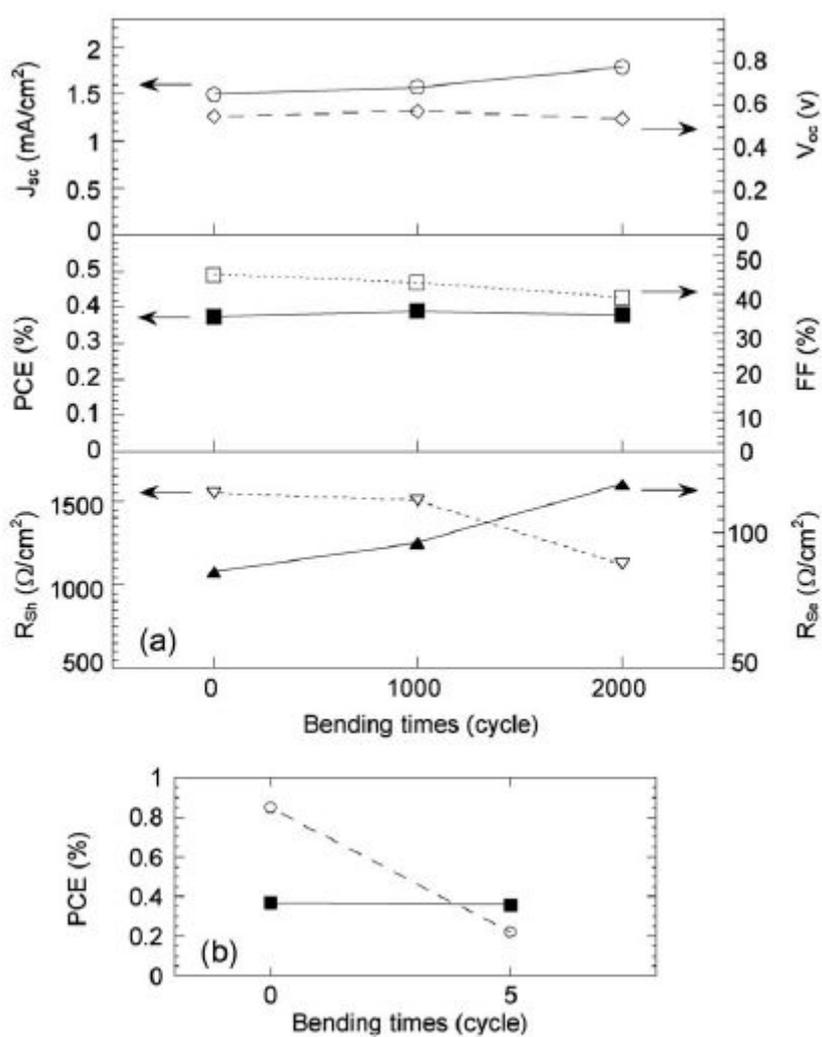


Рис.3. (a) Основные характеристики солнечной батареи: J_{sc} , V_{oc} , FF, PCE, R_{sh} и R_{se} . (b) Сравнение параметра PCE (эффективность превращения энергии) в зависимости от количества циклов изгиба (квадратик – солнечная батарея с нанопроводами из оксида цинка, кружки – солнечная батарея с наночастицами оксида цинка).

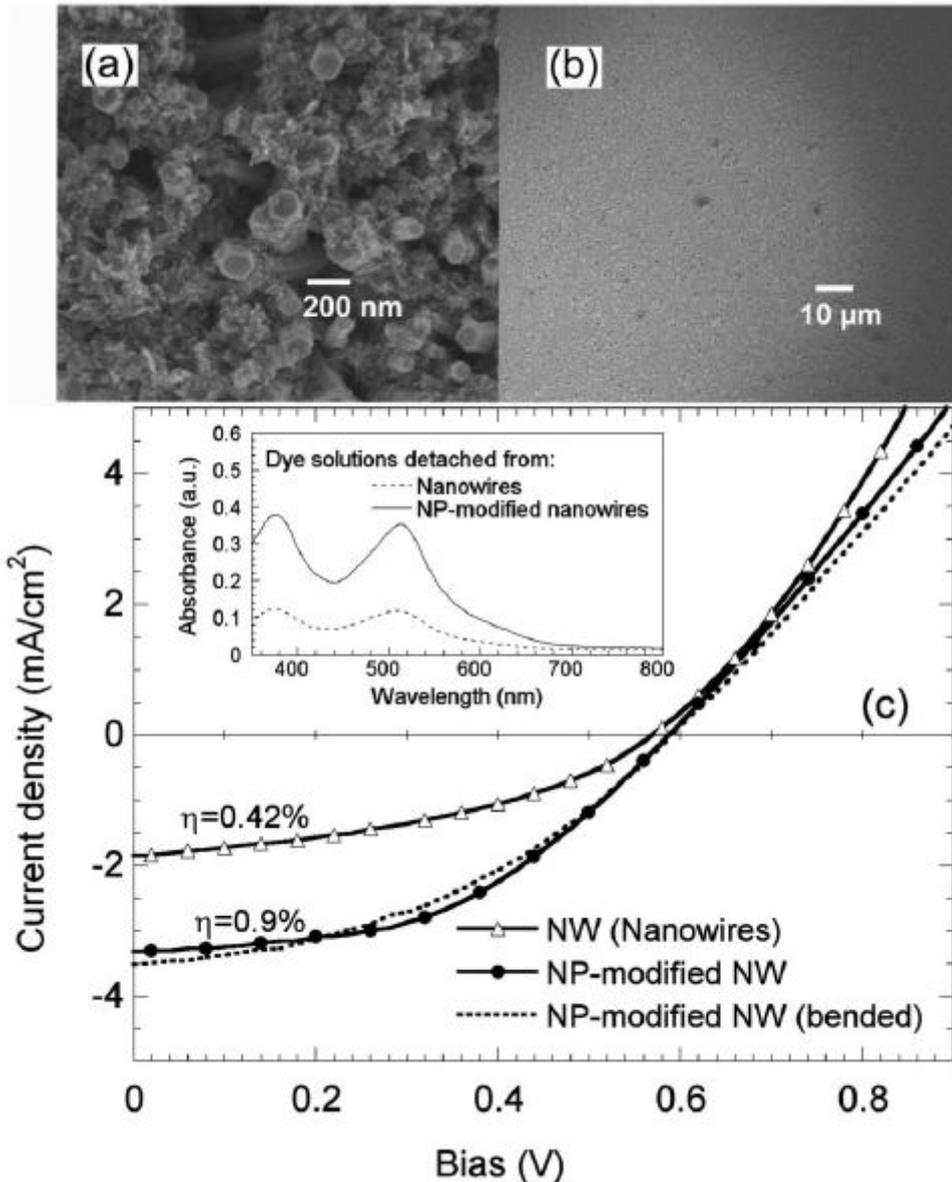


Рис.4. SEM-изображения наночастиц оксида цинка на поверхности нанопроводов ZnO: (a) до изгиба, (b) после 1000 циклов изгиба радиусом 5 мм. (c) Вольтамперная характеристика солнечной батареи на основе нанопроводов из оксида цинка (треугольник), нанопроводов, модифицированных наночастицами оксида цинка (кружки) и вольтамперная характеристика последней солнечной батареи после 5 циклов изгиба с

радиусом 5 мм. Вставка: спектр поглощения красителя, полученного растворением нанопроводов в КОН. Содержание красителя в модифицированной солнечной батарее намного выше, чем в не модифицированной.

4.4 Материалы и методы

Синтез оксида nano-цинка с помощью золь-гель и гидротермальных методов

Нанопорошок оксида цинка с различными морфологическими структурами синтезировали золь-гель и гидротермальными методами. Изменение условий приготовления было оптимизировано для получения нанопорошка ZnO с большой площадью поверхности. 14 мМ водный раствор дигидрата ацетата цинка смешивали с 0,25 мМ различных исследованных поверхностно-активных веществ, и рН раствора доводили до 9, используя 50 мМ гидроксида натрия. Полученную смесь раствора реагента нагревали при различных температурах на перемешиваемой горячей плите для золь-гель техники. Что касается методики гидротермального приготовления, реакционную смесь раствора выдерживали в автоклаве при 50 Kpsi в течение различных интервалов времени реакции. Полученные белые порошки ZnO несколько раз промывали дистиллированной водой и абсолютным этанолом для удаления любых остаточных солей и центрифугировали при 6000 об / мин в течение 30 минут для отделения оксида нанозинка. Наконец, полученные порошки сушили при 60 ° C в атмосфере воздуха в течение ночи. Были проведены эксперименты с различными параметрами для определения оптимальных условий образования оксида цинка. Различные параметры приготовления, такие как температуры реакции (60, 70, 80 и 90 ° C), время реакции (3, 6, 12, 24 и 48 часов) и типы поверхностно-активных веществ (PVA, PVP, СТАВ, PEG, и TEA) были оптимизированы для получения оксида цинка с различными морфологическими наноструктурами.

Отжиг полученных нанопорошков ZnO

Известно, что процесс отжига влияет на степень кристаллизации материала [16]. Наиболее подходящий морфологический наноструктурированный оксид цинка (нанотрубка) будет отожжен при трех различных температурах, 500, 700 и 900 ° C, в течение одного часа с использованием технологии микроволновой поддержки (МАТ). Отожженным образцам затем давали возможность остыть до комнатной температуры перед характеристикой. Изучено влияние температуры отжига на кристалличность оксида цинка и его морфологическую структуру. Противомикробную эффективность полученного ZnO в морфологии нанотрубок после и до процесса отжига сравнивали с использованием одного типа грамположительного и другого грамотрицательного изолята бактерий.

Характеристика нанопорошков ZnO

Физические свойства синтезированного оксида наноцинка с различными морфологическими структурами были исследованы с использованием различных методов. Исследована морфологическая структура и химический состав приготовленных нанопорошков ZnO и отожженных образцов.

Рентгеноструктурный анализ (XRD)

Рентгеновскую порошковую дифрактометрию проводили с использованием дифрактометра (Shimadzu 7000) с пучком излучения Cu K α ($\lambda = 0,154060$ нм) для определения кристаллической структуры различных приготовленных нанопорошков ZnO. Мелко порошкообразные образцы оксида наноцинка были упакованы в плоский алюминиевый держатель образцов, где источником рентгеновского излучения был вращающийся анод, работающий при 30 кВ и 30 мА с медной мишенью. Данные были собраны между 10 ° и 80 ° в 2 θ .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выработка солнечной электроэнергии является одной из немногих низкоуглеродных энергетических технологий, потенциал которых может возрасти до очень больших масштабов. В последние годы наблюдается быстрый рост установленных солнечных генерирующих мощностей; большие улучшения в технологии, цене и производительности; и разработка креативных бизнес-моделей, которые стимулировали инвестиции в жилые солнечные системы. Тем не менее, необходимы дальнейшие достижения для обеспечения значительного увеличения проникновения солнечной энергии при социально приемлемых затратах.

В исследовании «Будущее солнечной энергии», которое привело к отчету, команда из более чем 30 экспертов исследовала потенциал расширения солнечной генерации до мультитраваттного масштаба к середине столетия. Эксперты изучили текущее состояние производства солнечной энергии в США, несколько технологических подходов, которые были и могут быть использованы для преобразования солнечного света в электроэнергию, а также рыночные и политические условия, с которыми сталкивается солнечная промышленность. Их цель состояла в том, чтобы оценить текущую и потенциальную конкурентоспособность солнечной энергии и определить изменения в политике правительства США, которые могли бы более эффективно и действенно поддерживать устойчивый, долгосрочный рост отрасли.

Их выводы представлены в 350-страничном отчете «Будущее солнечной энергии» и в пяти публикациях. Следующая статья представляет резюме и рекомендации для политиков и перепечатана из отчета.

Резюме для политиков

Массовое расширение солнечной генерации во всем мире к середине столетия, вероятно, является необходимым компонентом любой серьезной стратегии по смягчению последствий изменения климата. К счастью, солнечные ресурсы затмевают текущие и прогнозируемые будущие потребности в электроэнергии. В последние годы стоимость солнечной энергии значительно снизилась, а установленная мощность росла очень быстро. Тем не менее, сегодня солнечная энергия составляет всего около 1% производства электроэнергии в США и в мире. В частности, если на выбросы углекислого газа не будет наложена существенная цена, расширение солнечного излучения до уровня, соответствующего климатической проблеме, вероятно, будет невозможно при приемлемых затратах без существенных изменений в государственной политике.

Основная цель солнечной политики США должна состоять в том, чтобы заложить фундамент для масштабного увеличения солнечной генерации в течение следующих нескольких десятилетий.

Наше исследование сосредоточено на трех задачах для достижения этой цели: разработка новых солнечных технологий, интеграция солнечной генерации в больших масштабах в существующие электрические системы и разработка эффективной политики для поддержки внедрения солнечных технологий.

Перспективный подход к развитию технологий

Фотогальванические (PV) объекты составляют большую часть производства солнечной электроэнергии в США и во всем мире. Доминирующая фотоэлектрическая технология, используемая примерно в 90% установленной фотоэлектрической емкости, представляет собой кристаллический кремний на основе пластин. Эта технология является

зрелой и поддерживается быстрорастущей глобальной отраслью, обладающей способностью и стимулом к дальнейшему улучшению стоимости и производительности. В Соединенных Штатах затраты, связанные с немодульным или системным балансом (BOS), составляют около 65% от цены фотоэлектрических установок масштаба масштаба и около 85% от стоимости среднего жилого блока на крыше. Поэтому федеральная поддержка НИОКР должна быть сосредоточена на фундаментальных исследованиях новых технологий, которые обещают снизить затраты как на модули, так и на BOS.

Федеральная программа исследований и разработок в области PV должна быть ориентирована на новые технологии, а не - как это было в последние годы - на краткосрочное снижение стоимости кристаллического кремния.

Сегодняшние коммерческие тонкопленочные технологии, на долю которых приходится около 10% рынка фотоэлектрических систем, сталкиваются с серьезными ограничениями, поскольку они опираются на дефицитные элементы. Некоторые новые тонкопленочные технологии используют богатые землей материалы и обещают малый вес и гибкость. Исследования, направленные на преодоление существующих ограничений с точки зрения эффективности, стабильности и технологичности, могут привести к снижению затрат на BOS, а также к снижению затрат на модули.

Федеральные исследования и разработки в области PV должны быть сосредоточены на эффективных, экологически безопасных тонкопленочных технологиях, использующих богатые землей материалы.

Другой основной технологией солнечной генерации является концентрированная солнечная энергия (CSP) или солнечная тепловая генерация. Кредитные гарантии для коммерческих проектов CSP были

важной формой федеральной поддержки этой технологии, хотя CSP менее развит, чем PV. Из-за больших рисков, связанных с коммерческими проектами, этот подход не поощряет эксперименты с новыми материалами и конструкциями.

Усилия федеральных CSP в области НИОКР должны быть сосредоточены на новых материалах и конструкциях систем и должны разработать программу для их испытания на экспериментальных установках, аналогичных тем, которые широко распространены в химической промышленности.

Подготовьтесь к гораздо большему проникновению генерации PV

Объекты CSP могут накапливать тепловую энергию в течение нескольких часов, поэтому они могут вырабатывать энергию. Но CSP подходит только для регионов без частых облаков или тумана, и CSP в настоящее время более дорог, чем PV. Поэтому в течение некоторого времени ФЭ будет оставаться основным источником солнечной генерации в Соединенных Штатах. На конкурентных оптовых рынках электроэнергии рыночная стоимость производства PV падает с увеличением проникновения PV. Это означает, что затраты на электроэнергию должны продолжать снижаться, чтобы новые инвестиции в электроэнергию были экономически выгодными. Выход PV также меняется со временем, и некоторые из этих изменений не вполне предсказуемы. Гибкие ископаемые генераторы, управление спросом, CSP, гидроэлектростанции и насосное хранилище могут помочь справиться с этими характеристиками солнечной мощности. Но они вряд ли окажутся достаточными, когда PV составляет большую долю общего производства.

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на разработку недорогих, масштабируемых технологий накопления энергии, являются важной частью стратегии, обеспечивающей экономическое развертывание фотоэлектрических систем в больших масштабах.

Поскольку затраты распределительной сети, как правило, возмещаются за счет платы за киловатт-час (кВтч) на потребляемую электроэнергию, владельцы распределенной генерации PV переносят некоторые сетевые затраты, в том числе дополнительные расходы, чтобы учесть значительное проникновение PV, другим пользователям сети. Эти перераспределения затрат субсидируют распределенные PV, но поднимают вопросы справедливости и могут вызвать сопротивление расширению PV.

Должны быть разработаны и развернуты системы ценообразования, которые распределяют затраты распределительной сети на те, которые их вызывают, и которые широко рассматриваются как справедливые.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев С.В. Солнечные электростанции- М.:Наука 2002.
2. Бурдаков В.П. Электроэнергия из космоса М: Энергоатомиздат 1991.
3. Рубан С.С. Нетрадиционные источники энергии-М.:Энергия, 2003.
4. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки М. Энергоатомиздат 1991.
5. Wang X. Piezoelectric nanogenerators-Harvesting ambient mechanical energy at the nanometer scale / X. Wang // Nano Energy. - 2012. - Vol. 1, No. 1. - P. 13-
6. Sun C. Fundamental study of mechanical energy harvesting using piezoelectric nanostructures / C. Sun, J. Shi, X. Wang // Journal of Applied Physics. - 2010. - Vol. 108, No. 3. - P. 034 309.
7. Asthana A. In situ observation of size-scale effects on the mechanical properties of ZnO nanowires / A. Asthana, K. Momeni, A. Prasad [et al.] // Nanotechnology. - 2011. - Vol. 22, No. 26. - P. 265 712.
8. Sun X. Shape controllable synthesis of ZnO nanorod arrays via vapor phase growth / X. Sun, H. Zhang, J. Xu [et al.] // Solid State Communications. - 2004. - Vol. 129, No. 12. - P. 803-807.
9. Vayssieres L. Growth of Arrayed Nanorods and Nanowires of ZnO from Aqueous Solutions / L. Vayssieres // Advanced Materials. - 2003. - Vol. 15, No. 5. - P. 464-466.
10. Satoh M. Epitaxial Growth of Zinc Oxide Whiskers by Chemical -Vapor Deposition under Atmospheric Pressure / M. Satoh, N. Tanaka, Y. Ueda [et al.] // Japanese Journal of Applied Physics. - 1999. - Vol. 38, No. Part 2, No. 5B. - P. L586-L589.
11. Jimenez-Cadena G. Synthesis of different ZnO nanostructures by modified PVD process and potential use for dye -sensitized solar cells / G. Jimenez-Cadena, E. Comini, M. Ferroni [et al.] // Materials Chemistry and Physics . - 2010. - Vol. 124, No. 1. - P. 694-698.