

передача его в систему отопления и горячего водоснабжения. Коэффициент преобразования находится в пределах 4–5. ТН обеспечивает, не только отопление помещений дома в отопительный период, но и кондиционирование воздуха в летний период.

Приведенные примеры успешного применения ТН подтверждают эффективность и экономичность теплонасосного оборудования при его эксплуатации в условиях сельского хозяйства нашей страны.

При отсутствии государственной поддержки особое значение приобретает информационная работа о преимуществах использования ТН как приоритетного направления экономии топливно-энергетических ресурсов при теплоснабжении зданий. При этом следует учесть, что динамика роста цен на электрическую и тепловую энергию значительно превышает увеличение капитальных затрат на сооружение теплонасосных установок, что приводит к уменьшению срока окупаемости таких систем. Нельзя исходить из того, что всегда в РБ будут низкие тарифы и цены на топливо и электроэнергию.

В сложившейся экономической ситуации можно говорить об единичных, не массовых случаях использования ТН и надеяться на более широкое востребование ТН в Республике Беларусь.

Литература

1. Рэй, Д. Тепловые насосы / Д. Рэй, Д. Макмайкл. – Москва: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
2. Янговский, Е. И. Промышленные тепловые насосы / Е. И. Янговский, Л. А. Левин. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ SNS, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ «ГОРЯЧЕЙ СТЕНКИ»

Барайшук С.М. к.ф.-м.н., доц., Башкиров С.А. к.ф.-м.н.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению, г. Минск, РБ

На сегодняшний день есть много технологических вариантов, касающихся тонкопленочных материалов и методов осаждения, которые позволяют производить тонкопленочные фотоэлементы при гораздо меньших затратах чем в случае кремниевых техноло-

гий. При этом полученные изделия более эффективно используют спектр Солнца. Одним из перспективных направлений является применение сульфида олова SnS.

В данной работе методом атомно-силовой микроскопии исследована поверхность пленок SnS, полученных методом «горячей стенки». Установлено влияние параметров режима получения пленок на структуру их поверхности и эффективность фотопреобразования полученных фотоэлементов.

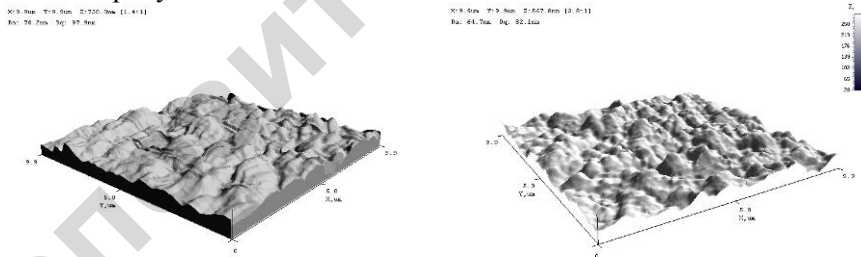
Методика получения пленок SnS подробно описана в предыдущих работах [1–2]. Параметры режима получения пленок S1, S2, S3 и S4 на стеклянной подложке, исследованных в настоящей работе, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Условия получения образцов

Обозначение в работе	Температура стенок, °С	Температура подложки, °С	Время напыления, мин
S1	600	220	50
S2	600	290	30
S3	600	330	15
S4	600	270	15

Для изучения морфологических особенностей поверхности пленок применён метод АСМ в контактном двухпроходном режиме описанном в [3].

Примеры трехмерных снимков поверхности образцов представлены на рисунке.



На поверхности образца S1 происходит формирование трех типов структур. Пологие образования 20 - 40 нм в высоту и 50 - 200 нм в диаметре являются основой пленки. Нанесение покрытий приводит к росту средней шероховатости поверхности по сравнению с исходной подложкой до 60 – 90 нм для площадок 100 мкм². Построенные на основе пленок S1 фотопреобразователи показали эффективность 20,2 %.

Совершенно иная картина поверхности формируется у образца S2. На поверхности наблюдается большое количество острых конических образований высотой 50-70 нм, пологие участки представлены, в основном, конгломерациями основных форм. Вкрапления, как и другие мелкодисперсные включения, отсутствуют. Наблюдается наличие «пустот», т.е. областей, имеющих значительно меньшую шероховатость по сравнению с остальной поверхностью материала, что может свидетельствовать высокой температуре во время нанесения, в результате чего на поверхности образуются выровненные площадки расплавов. По видимому в результате меньшей шероховатости поверхности, не развиты и фотопреобразующие свойства поверхности, измеренная эффективность не превысила 17 %, что все равно остается высоким показателем для солнечных элементов.

Образец S3 обладает низкой шероховатостью. На поверхности практически отсутствуют неоднородности, малое количество вкраплений материала при нанесении покрытия, что обусловлено хорошей адгезией наносимого слоя к подложке. Однако сам режим нанесения обусловил изменение эффективности до 25,6 %

Наиболее интересные результаты наблюдаются при изучении образца S4, на поверхности которого просматривается ячеистая структура. Ячейки можно условно разделить на малые до 0.5 мкм в диаметре и большие порядка 1 мкм в диаметре, при этом сформированное покрытие имеет неоднородность по толщине порядка 20 %. Ячейки большего диаметра имеют остро очерченную границу с толщиной 10-40 нм. На основе такого покрытия удалось получить наивысший, для исследуемых образцов коэффициент фотопреобразования в 32,1%.

Таблица 2. Средняя шероховатость образцов и их эффективность фотопреобразования

Обозначение в работе	Средняя шероховатость поверхности 100мкм ²	Эффективность фотопреобразования
S1	74	20,2
S2	48	16,9
S3	18	25,6
S4	114	32,1

Заключение

В настоящей работе методом АСМ исследованы поверхности пленок SnS, полученных методом «горячей стенки» на стеклянных подложках. Установлено, что параметры режимов получения пле-

нок существенным образом влияют на морфологические особенности поверхности пленок и эффективность фотопреобразования. Результаты работы могут быть полезны для проектирования тонкопленочных приборов на основе SnS.

Литература

1. Башкиров С.А., Гременок В.Ф., Иванов В.А. Физические свойства тонких пленок SnS, полученных методом «горячей стенки». ФТП, 2011, т.45, №6, с. 765–769.
2. Bashkirov S.A., et all. Microstructure of SnS Thin Films Obtained by Hot Wall Vacuum Deposition Method. J. Adv. Microsc. Res., 2011, v. 6, No.2, p. 153–158.
3. Ташлыков И.С., Барайшук С.М. Элементный состав, топография и смачиваемость поверхности графита, модифицированного ионно-ассистированным осаждением хромовых покрытий. Известия вузов. Сер. ПМиФП. – Москва. – №1. – 2008. – С. 30–35.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОМПОНЕНТОВ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ

Азизов П.М.,

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, РБ

Моделирование является важным этапом в выборе оптимальной конфигурации комбинированной энергоустановки. Рассмотренная энергоустановка состоит из трех основных подсистем: фотоэлектрического генератора, ветрогенератора и аккумуляторной батареи. Ниже описаны модели компонентов комбинированной энергоустановки.

1. Модель фотоэлектрического генератора

Поскольку при эксплуатации фотоэлектрической установки наибольший интерес представляет ее работа в режиме максимальной выходной мощности, для оценки фотоэлектрических систем целесообразным представляется использование моделей, описывающих именно такой режим их работы.

Зная мощность солнечного излучения доступный на единицу площади, температуру окружающей среды и данные, указанные производителем фотоэлектрических модулей, выходную мощность