

УДК 621.316.1

Н.В. Дейнеко, канд. техн. наук

Национальный университет гражданской защиты Украины, Украина

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО
ДОСТИЖЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЗНАЧЕНИЯ КПД ПЛЕНОЧНЫХ
СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ CdTe**

N.V. Deyneko, Ph.D.

**BASIC DIRECTIONS OF RESEARCH TO ACHIEVE A THEORETICAL
EFFICIENCY OF FILM SOLAR CELLS BASED ON CdTe**

Одним из направлений решения сложного комплекса современных энерго-экологических проблем является широкомасштабное использование в наземных условиях солнечных элементов (СЭ), в которых осуществляется непосредственное преобразование солнечной энергии в электрическую. Наименьшую цену электрической энергии демонстрируют пленочные СЭ на основе сульфида и теллурида кадмия, которые производятся в промышленных масштабах всего несколькими зарубежными компаниями. Ограничение промышленного выпуска таких СЭ, несмотря на высокую технологичность методов получения пленок сульфида и теллурида кадмия, обусловлено физико-технологическими проблемами формирования тыльных контактов к базовым слоям теллурида кадмия р-типа электропроводности [1-5].

Ширина запрещенной зоны теллурида кадмия составляет 1,46 эВ, что наилучшим образом среди других полупроводниковых материалов подходит для преобразования солнечного излучения в электрическую энергию в наземных условиях. Поэтому CdTe является лидером по теоретическому коэффициенту полезного действия (КПД) среди однопериодных солнечных элементов, который достигает 29 %. Однако, в настоящее время максимальная эффективность экспериментальных образцов тонкопленочных поликристаллических СЭ на основе CdTe не превышает 21,5 %.

Сдерживающим фактором в достижении теоретического значения КПД СЭ на основе теллурида кадмия являются необратимые потери энергии, связанные с особенностью конструкции и фотоэлектрических процессов, происходящих в таких приборных структурах при поглощении света. Как известно из [6] величина КПД любого СЭ рассчитывается согласно формуле:

$$\eta = (P_{нм}/P_{и}) \cdot 100 \% = [P_{нм}/(P_{и} \cdot S_{сэ})] \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где $P_{и}^*$ – удельная мощность излучения на фотоприемной поверхности СЭ; $S_{сэ}$ – площадь фотоприемной поверхности СЭ.

Мощность $P_{нм}$ зависит от трех экспериментально определяемых выходных параметров СЭ следующим образом:

$$P_{нм} = I_{кз} \cdot V_{хх} \cdot FF, \quad (2)$$

где $I_{кз}$ – ток короткого замыкания, $V_{хх}$ – напряжение холостого хода, FF – фактор заполнения световой ВАХ.

Поэтому для расчета КПД фотоэлектрического преобразователя наряду с формулой (1.1) используется соотношение:

$$\eta = [I_{кз} \cdot V_{хх} \cdot FF / (P_{и} \cdot S_{сэ})] \cdot 100 \%. \quad (3)$$

Как видно из выражения (3), КПД возрастает с увеличением каждого из трех ключевых параметров СЭ – $I_{кз}$, $V_{хх}$ и FF , в связи с чем необходима количественная оценка потерь именно этих величин.

Проведенный анализ современных разработок пленочных СЭ показал, что направления повышения эффективности СЭ за счет приближения к теоретическим значениям $I_{кз}$, $V_{хх}$ уже практически реализованы. В то же время, максимальное значение FF находится на уровне 78 %.

Поэтому одним из направлений повышения эффективности пленочных СЭ на основе CdS/CdTe является увеличение фактора заполнения световой вольт-амперной характеристики. Для анализа потерь фактора заполнения световой ВАХ используется эмпирическое выражение, определяющее зависимость FF от последовательного сопротивления (R_n):

$$FF = FF_0(1 - R_n / R_x), \quad (4)$$

где $R_x = V_{хх}/I_{кз}$ – характеристическое сопротивление.

Таким образом, как следует из выражения (4) снижения последовательного сопротивления СЭ позволит увеличить FF и следовательно КПД приборной структуры.

Однако формирование низкоомных контактов к базовым слоям СЭ на основе CdTe является проблематичным, поскольку только платина имеет необходимую работу выхода (5 эВ) электронов.

Поэтому необходимым является использование эффекта туннелирования электронов при создании тыльного контакта, для чего формируется высоколегированная верхняя прослойка базового слоя.

Литература

1. Paudel N.R. Ultrathin CdS/CdTe solar cells by sputtering / N.R. Paudel, K.A. Wieland, A.D. Compaan // Solar Energy Materials and Solar Cells. – 2012. – V.105. – P. 109-112.
2. Park K.C. Sodium-doping of ZnTe film by close-spaced sublimation for back contact of CdTe solar cell / K.C. Park, E.S. Cha, B.T. Ahn // Current Applied Physics. – 2011. – V. 11. – № 1. – P. 109-112.
3. Liang J. Novel Cu Nanowires/Graphene as the Back Contact for CdTe Solar Cells / J. Liang, H. Bi, D. Wan, F. Huang // Advanced Functional Materials. – 2012. – V. 22.– № 6. – P. 1267-1271.
4. Hadrich M. Back contact formation in thin cadmium telluride solar cells / M. Hadrich, C. Heisler, U. Reislöhner, C. Kraft, H. Metzner // Thin Solid Film. – 2011. – V. 519. – № 21. – P. 7156-7159
5. Kosyachenko L.A. Quantitative assessment of optical losses in thin-film CdS/CdTe solar cells / L.A. Kosyachenko, E.V. Grushko, X. Mathew // Solar Energy Materials and Solar Cells. – 2012. – V. 96. – P. 231-237
6. Колтун М.М. Солнечные элементы. – М.: Наука, 1987. – 210 с.