

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ CdS-CdTe С НАНОМЕТРИЧЕСКИМ СЛОЕМ CdO

*Ludmila GAGARA, Petru GAŞIN, Ion INCULEŢ,
Al Qaseem AMJAD, Vladimir FEDOROV*

Солнечные элементы на основе тонкоплёночных гетеропереходов CdS-CdTe достигали эффективности 16,5% в лабораторных условиях [1]. Лабораторную технологию удалось перенести на модули (батареи) мощностью 45-140 Вт с коэффициентом полезного действия 10,5% и 8,4% соответственно [2]. Стоимость производства модулей ниже 1 \$/Вт [3]. Широкое внедрение в производство солнечных модулей на основе гетеропереходов CdS-CdTe сталкивается с проблемами, требующими дальнейших исследований, выяснения процессов, которые определяют потери в фотовольтаической структуре. В настоящей работе исследуется возможность уменьшения концентрации центров рекомбинации на границе раздела гетероперехода CdS-CdTe введением нанометрического слоя CdO с целью создания эффективных фотопреобразователей.

Гетеропереходы CdS-CdTe были получены последовательным осаждением слоёв CdS и CdTe на стеклянные подложки (2x2 см²) покрытые проводящим (~10⁻³ Ω·см) и прозрачным (~80%) слоем SnO₂, методом квазизамкнутого объема. Исследование влияния температуры источника и подложки на структуру и электрофизические параметры слоёв CdS и CdTe позволило определить оптимальные температуры для CdS (T_{ист}=570-580°C, T_п=380-390°C) и для CdTe (T_{ист}=530-535°C, T_п=440-450°C).

Тонкие слои CdS имели толщину 0,3-0,6 мкм, концентрация электронов $1,6 \div 2,3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, слои CdTe имели толщину 8-14 мкм, а концентрация дырок $\sim (2 \div 8) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$.

Для образования на поверхности слоя CdS тонкого слоя, обогащённого Cd, который должен увеличивать э.д.с. холостого хода гетероперехода, перед нанесением слоя CdTe на поверхности слоя CdS осаждается слой CdO толщиной 5÷50 нм. Слои CdO получались методом магнетронного распыления, на постоянном токе, мишени из кадмия в атмосфере кислорода. Толщина слоя CdO контролировалась временем распыления и определялась по градуировочной кривой зависимости толщины слоя от времени распыления на постоянном токе разряда 10 мА.

Гетероструктуры CdS-CdTe и CdS-CdO-CdTe изготавливали с общим слоем CdS. Исследование спектрального распределения

фотолюминесценции слоёв CdTe при возбуждении со стороны слоя CdS показало, что введение слоёв CdO не изменяет форму кривой, а увеличивает интенсивность люминесценции в 1,4 раза.

Измерение фотоэлектрических параметров (ток короткого замыкания ($I_{кз}$), напряжение холостого хода ($U_{хх}$), коэффициент заполнения нагрузочной характеристики и КПД преобразования световой энергии в электрическую (η)) при 300К и освещении 100мВт/см^2 показало, что введение слоя CdO толщиной $5\div 8\text{нм}$ увеличивает $U_{хх}$ на $77\div 113\text{мВ}$, $I_{кз}$ – на $1\div 2\text{мА}$. В таблице 1 приведены фотоэлектрические параметры солнечных элементов CdS-CdO-CdTe с различной толщиной слоя CdO.

Таблица 1

Фотоэлектрические параметры CdS-CdO-CdTe

Нр.	d, нм	$I_{кз}$, мА	$U_{хх}$, В	FF	η , %
Г33	2	24,4	726	0,450	8,38
Г65	3	25,6	764	0,454	8,02
Г60	5	26,5	800	0,510	9,47
Г64	6	28,0	816	0,550	11,13
Г36	7	33,0	824	0,545	11,78
Г120	10	25	786	0,478	8,70
Г127	15	22,6	780	0,455	9,70
Г67	30	18,8	778	0,456	8,62
Г69	50	18,6	774	0,454	8,50

Как видно из таблицы, при толщине слоя CdO $6\div 7$ нм солнечные элементы CdS-CdTe имеют максимальные фотоэлектрические параметры.

Присутствие слоя нанометрической толщины на границе раздела гетероперехода CdS-CdTe увеличивает и спектральную чувствительность в 1,4-1,7 раза во всей области чувствительности гетероперехода ($0,52\div 0,85\text{мкм}$).

Библиография:

1. WU, X., J. C. KEANE, R. G. DHERE, C. DEHART, D. S. ALBIN, A. DUDA, T. A. GESSERT, S. ASHER, D. H. LEVI, and P. SHELDON, *Proceeding of the 17th European Photovoltaic Solar Energy: Conference and Exhibition*, 22-26 October, Munich, 2001, p. 995.
2. HANAFUSA, T. ARAMOTO, M. TSUJI, T. YAMAMOTO, T. NISHIO, P. VELUCHAMY, H. HIGUCHI, S. KUMASAWA, S. SHIBUTANI, J. NAKAJIMA, T. ARITA, H. OHYAMA, T. HIBINO, K. OMURA. *Sol. Energy Mater. & Solar Cells*, 21, 2001, p. 67.
3. Investor Relations, First Solar, Inc., <http://investor.firstsolar.com>