

ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА ОСНОВЕ *n* CdS - *p* CdTe ГЕТЕРОСТРУКТУР

Л.А. АЛИЕВА, Т.Д. ДЖАФАРОВ, А.И. БАЙРАМОВ, В.Д. НОВРУЗОВ

Институт Физики АН Азербайджана,
370143, г. Баку, пр. Г. Джавида, 33

Приводятся результаты получения и исследования фотоэлектрических свойств тонкопленочных солнечных элементов на основе *n* CdS - *p* CdTe гетероструктур. Показано, что полученные элементы обладают достаточно высокой эффективностью ~ 9,6%.

ВВЕДЕНИЕ

Соединения A^2B^6 - CdS, CdTe вызывают особый интерес для использования их в качестве компонентов дешевых и эффективных тонкопленочных солнечных преобразователей [1,2]. Простота технологии изготовления, дешевизна, высокая фоточувствительность в области максимума спектра солнечного излучения и др. делают их привлекательными компонентами солнечного элемента. Теллурид кадмия (один из немногих соединений A^2B^6 , который обладает как *n*- , так и *p*- типа проводимостью) имеет благополучную для эффективного преобразования солнечного излучения ширину запрещенной зоны (1,44 эВ) и коэффициент оптического поглощения, достигающий до $\sim 10^4 \text{ см}^{-1}$. Предельное теоретическое значение к.п.д. на основе гомоперехода теллурида кадмия, рассчитанное в условиях АМО составляет 28% [3]

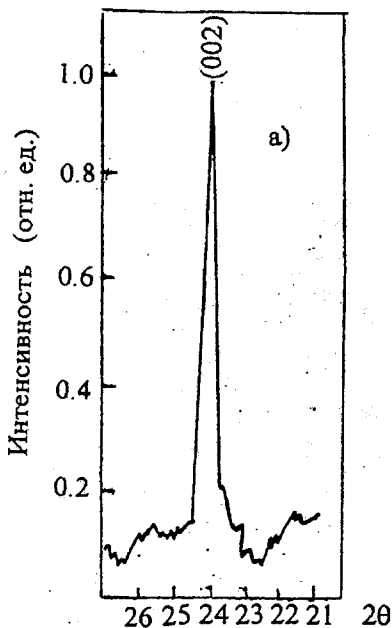


Рис. 1а. Рентгеновские дифрактограммы пленки *p* CdTe на Мо подложке.

Что же касается солнечных элементов на основе *n* CdS-*p* CdTe гетероперехода, то теоретическое значение его к.п.д. составляет 17-19% [3,4].

Целью настоящей работы является создание тонкопленочных солнечных элементов на основе *n* CdS-*p* CdTe гетероструктур методом осаждения из паровой фазы в квазизамкнутом объеме и исследование их электрических и фотоэлектрических свойств.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Пленка *p* CdTe толщиной 40-50 мкм была получена на Мо – подложке при температуре 730°-930°С из паровой фазы. Пленки *n* CdS получались методом вакуумного испарения в квазизамкнутом объеме на стеклянных подложках при температурах 180°С-240°С. СЭ *n* CdS-*p* CdTe созданы осаждением пленок *n* CdS на пленку *p* CdTe при температуре подложки 220°С.

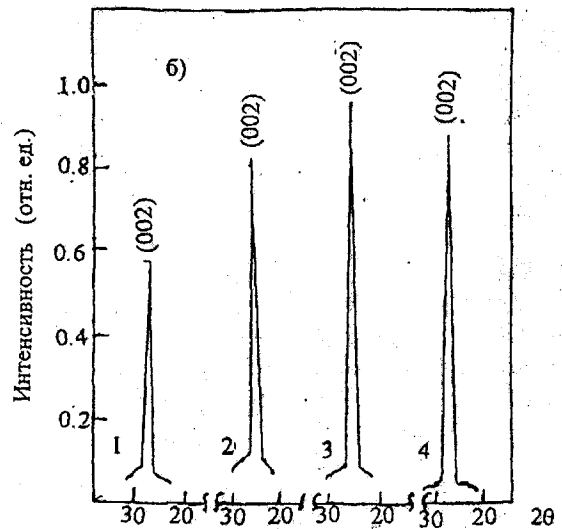


Рис. 1б. Рентгеновские дифрактограммы пленок *n* CdS полученных при разных температурах осаждения 1-180°С, 2-200°С, 3- 220°С, 4-240°С.

Рентгеновские дифрактограммы пленок снимались на установке ДРОН-3М. В качестве источника излучения использовались CuK_α и CoK_α . Спектры пропускания пленок снимались на двухлучевом спектрофотометре СФ – 10.

Измерения фотопроводимости и спектральных распределений плотности фототока короткого замыкания $J_{\text{к.з}}$ СЭ проводились стандартным методом с использованием монохроматора SPM – 2 при комнатной температуре. Световые вольтамперные характеристики снимались при освещении имитатором солнца мощностью 100 мВт/см².

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ рентгенодифрактограммы пленок *p* CdTe показал (рис. 1а), что основная линия с $2\theta=23^\circ 56'$ соответствует отражению от плоскости (002) гексагонального

CdTe. Также выявлены линии при $2\theta=46^\circ34'$, $30^\circ32'$; соответствующие отражениям от плоскостей (112), (110); CdTe и слабые линии Te. Параметры решетки гексагонального *p* CdTe имеют следующие значения: $a=4,57 \text{ \AA}$ и $c=7,47 \text{ \AA}$.

На рисунке 1б представлены рентгеновские дифрактограммы пленок *n* CdS, полученных при разных температурах осаждения. Как видно, изменение температуры не приводит к сколько-нибудь заметным изменениям углов отражения от плоскости (002), но существенно влияет на интенсивность этого отражения, что связано с изменением степени ориентации зерен вдоль оси (002). При таких температурах подложки получается CdS со структурой вюрцита с параметрами $a=4,1368 \text{ \AA}$, $c=6,7163 \text{ \AA}$. Из сравнения рентгенодифрактограмм пленок CdTe и CdS видно, что рост обеих пленок происходит преимущественно в направлении [002], а значения параметров решеток достаточно близки, что является хорошим признаком для создания гетероперехода *n* CdS - *p* CdTe.

до 920 нм. Для создания СЭ оптические свойства верхнего *n* CdS слоя имеют важное значение. *n* CdS слой, играя роль оптического окна, уменьшает потери, связанные с поверхностной рекомбинацией, тем самым должен вызвать увеличение эффективности СЭ [5]. На рис. 3 представлена спектральная зависимость коэффициента пропускания пленок CdS, полученных при различных температурах осаждения. Из рисунка видно, что с увеличением температуры осаждения пленок CdS от 180°C до 220°C увеличивается коэффициент пропускания, и при температуре подложки равной 220°C прозрачность пленок максимальна. Это и диктовало выбор температуры осаждения $\sim 220^\circ\text{C}$ при напылении *n* CdS на *p* CdTe при создании СЭ.

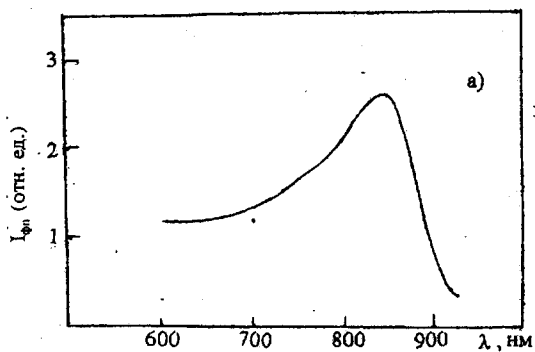


Рис. 2а. Спектры фотопроводимости при $T=300 \text{ K}$ пленки *p* CdTe

На рис. 2а представлен спектр фотопроводимости *p* CdTe пленки при комнатной температуре в области длин волн 600-920 нм. Спектры фотопроводимости в области длин волн 450-600 нм пленок *n* CdS, полученных при различных температурах осаждения, показаны на рис. 2б. Из сопоставления спектров фотопроводимости пленки *p* CdTe

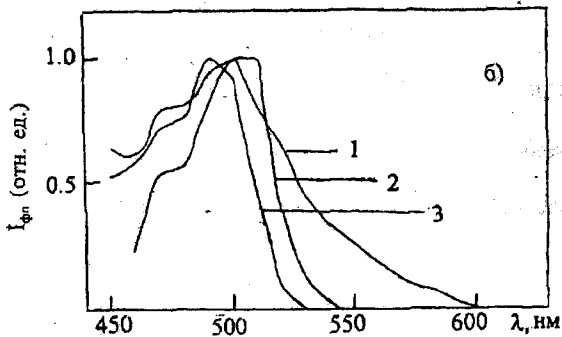


Рис. 2б. Спектры фотопроводимости при $T=300 \text{ K}$ пленок *n* CdS полученных при различных температурах осаждения 1) $T_n=200^\circ\text{C}$, 2) $T_n=220^\circ\text{C}$, 3) $T_n=240^\circ\text{C}$.

и пленок *n* CdS видно, что использование этих пленок в качестве компонентов солнечного элемента расширяет область fotocувствительности гетероперехода от 450 нм

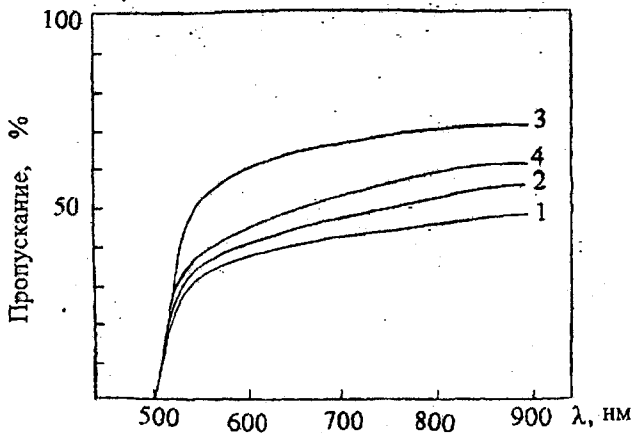


Рис. 3. Спектральная зависимость коэффициента пропускания пленок *n* CdS, полученных при различных температурах осаждения. 1) $T_n=180^\circ\text{C}$, 2) $T_n=200^\circ\text{C}$, 3) $T_n=220^\circ\text{C}$, 4) $T_n=240^\circ\text{C}$

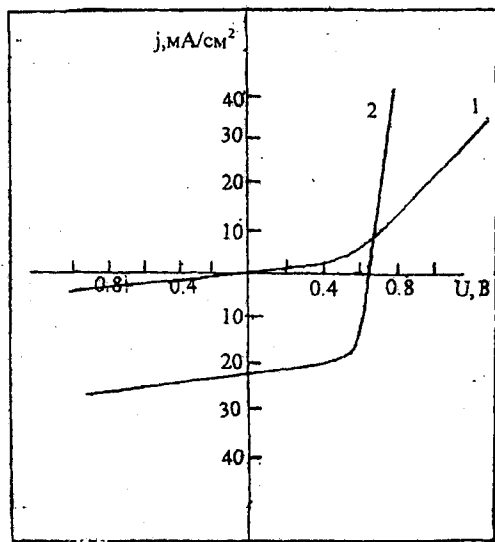


Рис. 4. Темновая (1) и световая (2) ВАХ *n* CdS - *p* CdTe гетероструктур при $W = 100 \text{ мВт/см}^2$.

СЭ *n* CdS - *p* CdTe был создан осаждением пленки *n* CdS толщиной 2-5 мкм на пленку *p* CdTe толщиной 40-50 мкм, нагретую до 220°C . Скорость осаждения пленки

n CdS была равна 0,5 мкм/мин. Удельное сопротивление пленок n CdS и p CdTe имели значения $\rho_{CdS} \sim 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{см}$; $\rho_{CdTe} \sim 10^3 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ соответственно. Омическим контактом

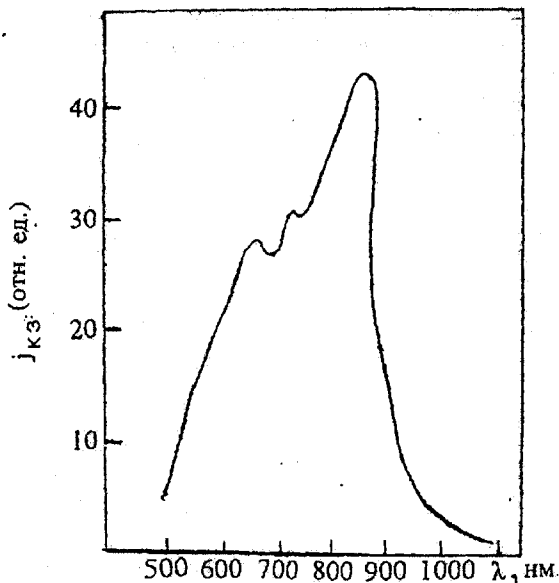


Рис.5. Спектральная зависимость плотности тока короткого замыкания $j_{кз}$ n CdS – p CdTe гетероструктур.

пленке p CdTe являлся сам материал подложки, т.е. молибден (Mo), а к пленке n CdS-In, напыленный в вакууме в виде гребенки. Общая площадь СЭ составляла 1 см², площадь верхних In контактов составляла 15-20% общей площади СЭ. На рис. 4 показаны темновая и световая

ВАХ СЭ n CdS – p CdTe при освещении имитатором солнца мощностью 100 мВт/см². Как видно, из рис.4 солнечный элемент имеет следующие параметры $U_{х.х.} = 0,65 \text{ В}$, $j_{кз} = 22 \text{ мА/см}^2$, $ff = 0,67$; $\eta = 9,6\%$. Согласно [4] предельное значение к.п.д. и $U_{х.х.}$ составляет 19% и 1,05В соответственно. Наблюдаемое различие между $U_{х.х. \text{ выч.}}$ и $U_{х.х. \text{ экс}}$ и $\eta_{\text{выч.}}$ и $\eta_{\text{экс.}}$ по-видимому, обусловлено значительной величиной последовательного сопротивления, в которое определенным вклад вносит также сопротивление промежуточного слоя Mo–CdTe. Спектральная зависимость $j_{кз}$ n CdS – p CdTe представлена на рис. 5. Видно, что фоточувствительность структур простирается от 450 нм до 1100 нм и имеет максимум при 860 нм, обусловленный поглощением в p CdTe.

ВЫВОДЫ:

Получены тонкопленочные n CdS– p CdTe солнечные преобразователи путем вакуумного напыления в квази-замкнутом объеме слоя n CdS на пленки p CdTe, осажденных на молибденовые подложки из паровой фазы.

Полученные преобразователи обладают к.п.д. $\sim 9,6\%$ с фотоэлектрическими параметрами $j_{кз} = 22 \text{ мА/см}^2$, $U_{х.х.} = 0,65 \text{ В}$, $ff = 0,67$ при освещении имитатором солнца мощностью $W = 100 \text{ мВт/см}^2$.

Область фоточувствительности преобразователей простирается от 450 нм до 1100 нм

[1] А.И. Байрамов, Т.Д. Джафаров, В.Д. Новрузов, Г.И. Абуталыбов, Л.А. Алиева. Препринт №339, ИФАН, Баку, 1989, с.52.
 [2] Л.А. Алиева, А.И. Байрамов, А.Г. Абдуллаев. Препринт №332, ИФАН, Баку, 1989, с.30.
 [3] J.Y. Wysocki, P. Rappaport. J. Apple. Phys., 1960, № 31, p.571.

[4] ИЦ.А. Мирсагатов, Н. Юнусов, Д.Т. Расулов. Гелиотехника, 1978, №2, с. 6-13.
 [5] А. Милнс, Д. Фойхт. Изд. «Мир», Москва, 1975, с.432; A.G. Milnes and D.I. Feucht Academic Press. New York and London, 1972, p.432.

L.Ə. Əliyeva, T.C. Cəfərov, A. H. Bayramov, V.C. Novruzov

n -CdS – p CdTe HETEROKEÇİDİ ƏSASINDA NAZİKTƏBƏQƏLİ GÜNƏS ELEMENTLƏRİ

n CdS – p CdTe heterokeçidi əsasında nazik təbəqəli günəş elementlərinin alınması və fotoelektrik xassələrinin tədqiqi nəticələri göstərilmişdir.

Qeyd olunur ki, alınmış elementlər kifayət qədər yüksək effektivliyə $\sim 9,6\%$ -ə malikdirlər.

L.A. Alieva, T.D. Dzhafarov, A. I. Bayramov, V.D. Novruzov

THIN FILM SOLAR CELLS ON THE BASIS OF n -CdS – p CdTe HETEROSTRUCTURES

The results of preparation and investigation of photoelectrical properties investigations of thin film solar cells on the basis of n CdS – p CdTe heterostructures are given. It is shown that the obtained cells have sufficiently high effectiveness $\sim 9,6\%$.