



ISSN 1025-8817

**O'ZBEKISTON
FIZIKA JURNALI**

**UZBEK JOURNAL
OF PHYSICS**

**Volume 16
Number 6
2014**

**O'zbekiston Respublikasi
Fanlar Akademiyasi
Academy of Sciences
of the Republic of Uzbekistan**

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК ТЕЛЛУРИДА КАДМИЯ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА, ОСАЖДЁННЫХ НА МОЛИБДЕНОВОЙ ПОДЛОЖКЕ МЕТОДОМ ХМПО

Т.М. Разыков, К.М. Кучкаров, Б.А. Эргашев, Р.Т. Юлдошев

Физико-технический институт АН РУз, 100084 Ташкент, Бодомзор йули 26, Узбекистан

kudrat@uzsci.net

(Получена 28.05.2014)

КМДО усулида Mo/CdTe , Mo/Ni/CdTe ва Mo/ZnTe/CdTe юпқа қатламли структуралари олинди, ҳамда уларнинг морфологик ва электрик хоссалари ўрганилди. Атом кучли микроскоп натижаларидан маълум бўлдики, Mo ва Mo/Ni тагликка ўтказилган юпқа қатламлари ҳар хил микроқатламли структураларга эга. Mo/Ni тагликка олинган юпқа қатлам дончалари ўлчами Mo тагликка ўтказилган юпқа қатлам дончалари ўлчамидан анча катта экан. Mo/Ni/CdTe ва Mo/ZnTe/CdTe структураларининг ВАТ шуни кўрсатдики, уларни контакт қаршилиги R , Mo тагликка олинган юпқа қатлами нисбатан кичик.

Методом химического молекулярного пучкового осаждения (ХМПО) получены тонкопленочные структуры Mo/CdTe , Mo/Ni/CdTe и Mo/ZnTe/CdTe , а также изучены их морфология и электрические свойства. Анализ снимков атомного силового микроскопа показал, что пленки, осажденные на подложках Mo и Mo/Ni , имеют разную микроструктуру. У пленок, осажденных на Mo/Ni подложку, размер зёрен намного больше, чем у пленок, осажденных на Mo подложку. Вольтамперные характеристики (ВАХ) структур Mo/Ni/CdTe и Mo/ZnTe/CdTe показали более низкое значение контактного сопротивления R по сравнению с плёнками, осажденными на Mo подложку.

Thin film structures of Mo/CdTe , Mo/Ni/CdTe and Mo/ZnTe/CdTe were obtained by CMBD method and their morphology and electrical properties were studied. The atomic force microscope pictures showed that the films deposited on substrates of Mo and Mo/Ni have a different microstructure: grain sizes of the film deposited on the Mo/Ni are much more than deposited on Mo grains. The volt-ampere characteristics of Mo/Ni and Mo/ZnTe structures showed a low value of contact resistance R as compared with films deposited on Mo .

CdTe считается привлекательным материалом для солнечных элементов из-за оптимальной ширины запрещенной зоны (1.45 эВ) и высокого оптического поглощения (более 10^5 см^{-1} в оптическом диапазоне). Доля солнечных элементов на основе CdTe быстро растет, что повышает интерес к ним на фотоэлектрических рынках из-за их достаточно высокой эффективности модуля в 14%, конкурентоспособности и стоимости в 1 \$/Вт [1].

В настоящее время получение тонкопленочных солнечных элементов на гибких металлических подложках является одним из важных вариантов для изготовления рулонных фотоэлектрических модулей. Это позволяет уменьшить стоимость рулонного модуля на рынке. Однако при этом их эффективность ниже, чем у солнечных элементов, полученных на стеклянных подложках [2, 3]. Для улучшения КПД тонкопленочных солнечных элементов, полученных на гибких металлических подложках, имеется ряд нерешенных вопросов, таких как получение окна высокой прозрачности, низкое сопротивление контактов, низкая плотность дефектов перехода и прочее. Среди этих вопросов проблема тыльного контакта

фотоэлемента является одной из важнейших, так как она влияет как на эффективность, так и стабильность фотоэлемента [4]. Высокая работа выхода CdTe (5.9 эВ) затрудняет формирование омических тыльных контактов с низким сопротивлением. Общий принцип формирования омического контакта заключается в необходимости легирования и создания обогащенного слоя Te или буферного слоя (ZnTe, HgTe) на поверхности CdTe.

Неглубокая высоколегированная область улучшает туннелирование носителей. Популярными материалами для тыльных контактов являются ZnTe [5] и Mo-Ni.

ZnTe является хорошим материалом для изготовления тыльного контакта. Он имеет близкие структурные свойства с CdTe. Кристаллические решетки ZnTe и CdTe схожи. Кроме того, валентная зона ZnTe хорошо согласована с валентной зоной CdTe [6], и соответствующая граница раздела между ними упрощает движение свободных носителей через границу раздела. Однако концентрация свободных носителей в ZnTe недостаточно высока (порядка 10^{14} см^{-3}). Известно, что контактное сопротивление между ZnTe и электродным металлом достаточно высокое, и оно в значительной степени зависит от вида металла электрода [7].

Mo-Ni является другим популярным материалом для тыльного контакта. Свойства Mo-Ni (работа выхода и др.) не совпадают с CdTe, как у ZnTe. Однако омический контакт между Mo и CdTe может быть легко сформирован с помощью металлов с высокой работой выхода электронов, таких как Ni, Pd и другие благородные металлы. Учитывая свойства материала, упомянутые выше, сочетания Mo-Ni и ZnTe могут создать слой тыльного контакта, который имеет как высокую работу выхода и низкое удельное сопротивление, так и хорошее структурное согласование с CdTe.

В данной работе мы исследовали морфологические и электрофизические свойства пленок CdTe, полученных методом химического молекулярно-пучкового осаждения на гибкие молибденовые металлические подложки.

Исследование с помощью атомно-силового микроскопа морфологических свойств пленок CdTe, осажденных на гибкие молибденовые подложки, было выполнено в Институте исследования солнечной энергии (SERI) Национального университета Малайзии (UKM). Результаты морфологических исследований пленок теллурида кадмия, осажденных на Mo и Mo/Ni подложки (при температурах подложки 600°C), показаны на рис. 1. Из рисунка видно, что пленки, осажденные на Mo и Mo/Ni подложки, имеют разную микроструктуру; размер зерна у пленки, осажденной на Mo/Ni подложку, намного больше зерен пленки, осажденной на Mo подложку. Это является принципиально важным, поскольку размер зерна определяет плотность границ зерен, и, следовательно, перенос электричества [8-9]. Микроструктуры пленок, полученных при температуре 600°C и отожженных в парах CdCl₂, показали значительное сокращение плотности границ зерен, что значительно улучшило электрические свойства материала [10].

Контактное сопротивление между CdTe и Mo, Mo/Ni, Mo/ZnTe было рассчитано на основе вольтамперной характеристики (ВАХ) структур Mo/CdTe, Mo/Ni/CdTe и Mo/ZnTe/CdTe (рис. 2). Омичность контактного сопротивления между CdTe и металлической подложкой (Mo, Mo/Ni, Mo/ZnTe) определяется из уравнения: $I \sim aU^n$, где a – постоянная величина, n – коэффициент омичности. Для идеального омического контакта $a \sim 1/R$, где R – сопротивление образца; здесь n равно 1.

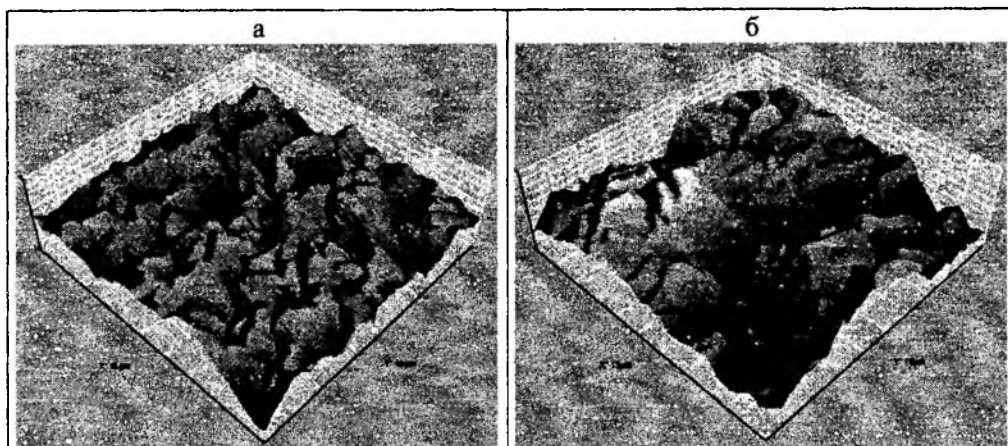


Рис. 1. Фотографии, сделанные с помощью атомно-силового микроскопа пленок CdTe, выращенных на Mo (a) и Mo/Ni (б) подложках при температуре подложке 600°C.

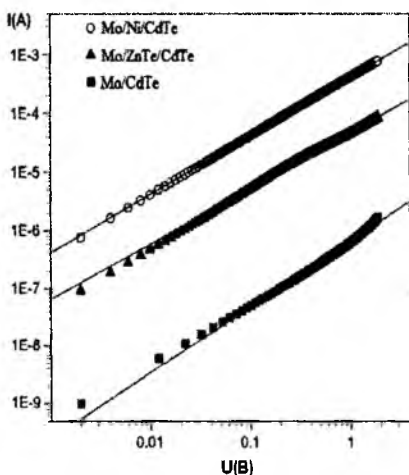


Рис. 2. Вольтамперные характеристики структуры Mo/CdTe, Mo/Ni/CdTe и Mo/ZnTe/CdTe.

Из этих уравнений рассчитаны контактное сопротивление и коэффициент линейности структур Mo/CdTe, Mo/Ni/CdTe, Mo/ZnTe/CdTe, результаты которых приведены в таблице.

Из таблицы видно, что пленки, осажденные на Mo/Ni и Mo/ZnTe, показывают более низкое значение R по сравнению с плёнками, осажденными на Mo. Это связано с тем, что валентная зона ZnTe хорошо согласована с валентной зоной CdTe, а также работа выхода (A_{Ni}) Ni приближена к (A_{CdTe}) CdTe. На таких металлических подложках можно получить гибкие тонкопленочные солнечные элементы эффективностью более 10%.

Таблица. Значения контактного сопротивления и коэффициента линейности для различных структур.

| Структура | Сопротивление R , Ом | Коэффициент линейности n |
|--------------|------------------------|----------------------------|
| Mo/Ni/CdTe | 2.4×10^3 | 0.99 |
| Mo/ZnTe/CdTe | 2.1×10^4 | 0.95 |
| Mo/CdTe | 1.5×10^6 | 1.14 |

ЛИТЕРАТУРА

1. www.firstsolar.com, First Solar, 2014.

2. I. Matulionis, S. Han, J.A. Drayton, K.J. Price, A.D. Compaan, Proc. Mater. Res. Soc. Symp. 668, H8.23.1–6 (2001).
3. M.M Aliyu *et al.* Int. J. Photoenergy 2012, 351381 (2012).
4. S.H. Demtsu, D.S. Albin, J.W. Pankow, A. Davies, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 90, 2934 (2006).
5. T.A. Gessert, A. Duda, S.E. Asher, C. Narayanswamy, D. Rose. In: 28-th IEEE PVSC (2000), p. 654.
6. D. Rioux, D.W. Niles, H. Hochst, J. Appl. Phys. 73, 8381 (1993).
7. J. Tang, D. Mao, L. Feng, W. Song, J.U. Trefny. In: 25-th IEEE PVSC (1996), p. 925.
8. P.O. Vaccaro, G. Meyer and J. Saura, J. Phys. D: Appl. Phys. 24, 1886 (1991).
9. J.D. Major *et al.*, Solar Energy Materials and Solar Cells 94, Issue 6, 1111 (2010).
10. T.M. Razykov, N. Amin, B. Ergashev, C.S. Ferekides, D.Y. Goswami, M.K. Hakkulov, K.M. Kuchkarov, K. Sopian, M.Y. Sulaiman, M. Alghoul, H.S. Ullal, Гелиотехника № 1, 44 (2013)..