

Утамурадова Шарифа Бекмурадовна

д.ф.-м.н. (DSc), профессор, директор НИИ физики полупроводников и микроэлектроники при НУУз, Ташкент, Узбекистан

Музафарова Султанпаша Анваровна

младший научный сотрудник Физико-технического института НПО «Физика-Солнце» Академия Наук Республики Узбекистан Ташкент

СВОЙСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК СУЛЬФИДА КАДМИЯ CdS ЛЕГИРОВАННЫХ АТОМАМИ ИНДИЯ

Аннотация. В работе были получены пленки CdS методом термического испарения на стеклянные подложки со слоем SnO₂. Пленки CdS, легированные In, были получены методом совместного испарения компонентов CdS вакуумным осаждением. Проведённые рентгенографические исследование показали, что пленки CdS достаточно однородны, микроструктура мелкодисперсная. Исследованы электрические и оптические свойства пленок CdS, в которых повышена концентрация свободных носителей заряда до 10¹⁷ см⁻³ и в то же время сохраняется достаточная прозрачность к солнечному спектру и может служить оптическим окном в солнечных элементах.

Ключевые слова. Пленки, легирование, модификация, температура, подложка, удельное сопротивление, подвижность.

Abstract. In this work, CdS films were obtained by thermal evaporation on glass substrates with a SnO₂ layer. In-doped CdS films were obtained by co-evaporation of CdS components by vacuum deposition. The X-ray diffraction studies have shown that the CdS films are rather homogeneous, the microstructure is finely dispersed. The electrical and optical properties of CdS films with a columnar structure have been investigated, in which the concentration of free charge carriers is increased to 10¹⁷ cm⁻³ and at the same time sufficient transparency to the solar spectrum is maintained and can serve as an optical window in solar cells.

Keywords. Films, alloying, modification, temperature, substrate, resistivity, mobility.

Повышенный интерес к солнечным элементам на основе полупроводниковых соединений стимулируется большой свободой выбора материалов, которые можно получить в виде тонких пленок и которые обладают прямыми оптическими переходами и оптимальной шириной запрещенной зоны [1]. Для создания солнечных элементов (СЭ) с низкой себестоимостью представляет большой интерес полупроводниковые соединения A^2B^6 , которые изготавливаются недорогой технологией при умеренных температурах.

Основные сведения по технологии синтеза пленок A^2B^6 можно найти в ряде работ [2-4]. В частности в работе [2] рассматриваются методы вакуумного нанесения, на основе которого можно выращивать слои толщиной от нескольких сот ангстрем до нескольких десятков микрон. Модификация растущих пленок определяется природой халькогенида и значениями температур испарения и подложки [3]. Из [3÷5] следует, что пленки CdS стехиометрического состава обычно получают при температурах источника $t_{\text{ист}}=1000^{\circ}\text{C}$ и температурах подложки $t_{\text{пл}}=180-200^{\circ}\text{C}$. Легирование пленок CdS осуществляется путем введения в загрузку донорных (In, Ga) или акцепторных примесей.

В настоящей работе авторами были получены пленки CdS на установке ВУП-4 методом термического испарения в открытой системе на стеклянные подложки.

На стеклянную подложку со слоем SnO_2 надевается молибденовая (Mo) маска соответствующего размера, затем взвешивается порошок сульфида кадмия весом 300 мг и загружается в тигель, стеклянная подложка со слоем SnO_2 помещается в зону осаждения и затем вся система загружается в кварцевый стакан. Вакуумное осаждение производится при вакууме 10^{-5} Тор. Температура подложки поддерживается в пределах $t_{\text{подл}}=180-200^{\circ}\text{C}$. Температура источника $t_{\text{ист}}=1000^{\circ}\text{C}$. Температура подложки влияет на изменение сопротивления пленок сульфида кадмия. Микроструктура и поверхностный рельеф слоя CdS зависит от строения поверхности подложки. Как правило, при температуре осаждения

подложки более 180°C образуются ориентированные пленки CdS, обладающие столбчатую структуру. Известно [3], что для повышения эффективности солнечного элемента важно уменьшить темновой ток, который позволяет повысить напряжение холостого хода $V_{\text{хх}}$. Это может быть достигнуто путем повышения уровня легирования в базовой области элемента. Для этой цели необходимо было авторам исследовать степень влияния легирующей примеси In на свойства пленок CdS. Пленки CdS, легированные In, были получены методом совместного испарения компонентов CdS и соответствующего количества In (до 1 ат.%).

Рентгенографическое исследование (Cu – излучения, K - фильтр) образцов CdS показали, что пленки CdS достаточно однородны, микроструктура мелкодисперсная. Микро и кристаллическую структуру пленок изучали с помощью микроскопа МИМ-7. Размеры частиц составляют в среднем $1,5 \cdot 10^{-5}$ см (рис. 1а). Размеры частиц в пленках CdS:In несколько меньше, чем в случае пленок стехиометрического состава, и составляет $\sim 0,8 \cdot 10^{-5}$ см. (Рис. 1б).

Исследованы электрические и оптические свойства пленок CdS, содержащие In в количестве до 1%. При повышении температуры подложки более $T = 200^{\circ}\text{C}$ морфологическая структура синтезированных пленок CdS типа вюрцита переходит в кубическую

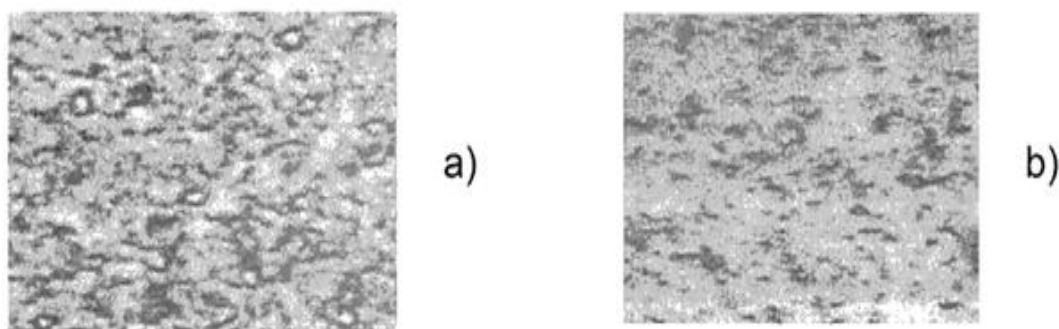


Рис. 1. Размеры зерен CdS без примесей индия (а) $\sim 1,5 \cdot 10^{-5}$ м, размеры зерен пленок CdS легированный индием (б) $\sim 0,8 \cdot 10^{-5}$ см.

Пленки CdS с определенной конфигурацией были нанесены на стеклянные подложки размером $1 \times 1 \text{ см}^2$ с проводящим слоем SnO_2 . Омическим контактом служил на пленки CdS индий In нанесенный вакуумным испарением.

Измерения показали, что пленки CdS толщиной 3-5 мкм легированные In 1 ат.%. характеризуются достаточно высокой проводимостью ($\sigma = 0,25 \div 0,3 \text{ Ом см}$). Концентрация свободных носителей (электронов) составляет $3,4 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. С повышением температуры концентрация носителей заряда увеличивается за счет перехода носителей в зону проводимости с примесных уровней расположенных на 0,003 эВ и 0,04 эВ ниже диапазоны проводимости [3].

Максимальная Холловская подвижность составляет $\mu = 7 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$. Как видно (Рис.2) значение подвижности в исследованном интервале температур остаётся практически постоянной. Пленки CdS не содержащие примесей, характеризуются подвижностью электронов $1-20 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$ (3).

Исследования показали, что содержание In до 1 ат.% в CdS соответственно приводит к заметному уменьшению и подвижности (μ) электронов и коэффициента оптического пропускания (R) пленках образцов (Рис.3).

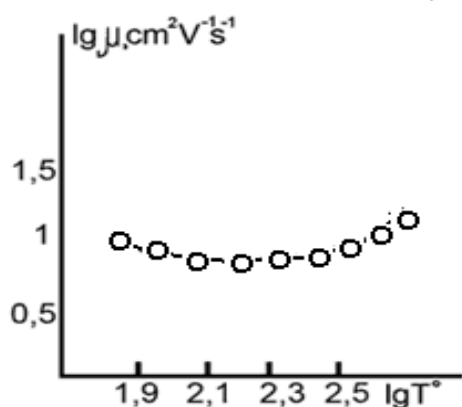


Рис.2. Зависимость подвижности пленок μ CdS от температуры $\lg T^\circ$ легированные индием.

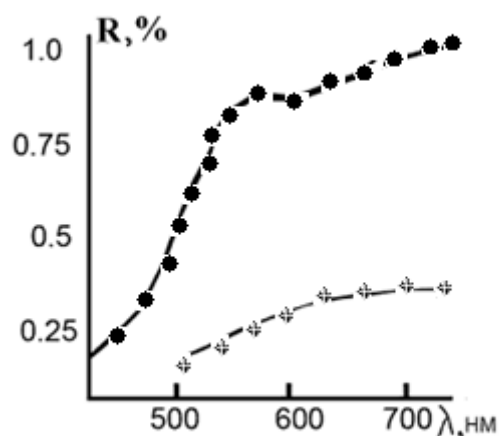


Рис.3. Спектральные зависимости коэффициента пропускания R от длины волны λ пленок CdS без легирования (а) и пленки CdS легированные индием (б)/

Как видно из Рис.3, коэффициент пропускания нелегированных пленок составляет ~65-70%, в случае пленок CdS+ 1 ат.% In, он составляет менее 20%.

Сопоставление полученных данных с результатами авторов [5] показывают, что для получения пленок CdS с удельным сопротивлением $1 \div 100 \text{ см}^{-3}$ и с подвижностью $1 \div 20 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$ нам достаточно взять количество вводимой CdS примеси индия примерно $0,1 \div 0,3 \text{ ат.}\%$. Примесь In таким количеством вводимых в пленки CdS вполне достаточно, чтобы повысить концентрацию свободных носителей заряда до 10^{17} см^{-3} и в то же время сохранить достаточную прозрачность пленок для падающего излучения и иметь подвижность электронов, близких к подвижности нелегированных пленок CdS.

Солнечные элементы с оптическим окном CdS с толщиной 10 мкм легированные с In $0,1 \div 0,3 \text{ ат.}\%$ на основе CdTe, обладали более высокими значениями напряжения холостого хода [5-8].

На Рис. 4 представлено спектральное распределение фоточувствительности структуры pCdTe- CdS, где слой CdS легирован атомами индия In.

Фоточувствительности (S_λ) уже в области длин волн $\lambda=600 \div 800 \text{ нм}$ достигает $0,13 \div 0,15 \text{ А/Вт}$. Как видно из спектрального распределения фоточувствительности, длинноволновый спад фоточувствительности соответствует энергиям квантов 1,46 эВ.

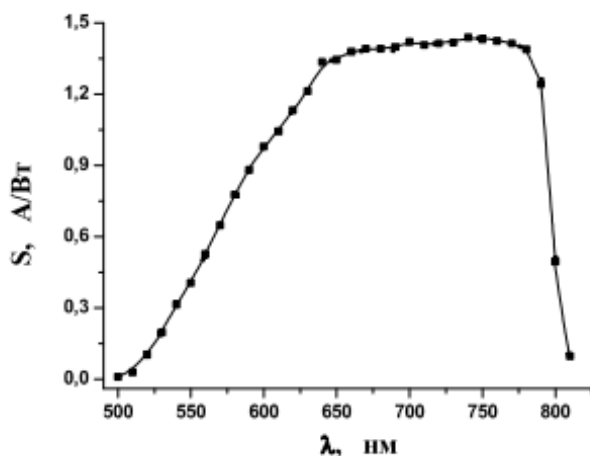


Рис.4. Спектральная зависимость фоточувствительности S_λ от длин волн λ структуры pCdTe- CdS.

Как показывают исследования для уменьшения удельного сопротивления слоев CdS целесообразно провести кратковременный отжиг при температуре 400⁰С в атмосфере водорода Н₂ и для уменьшения потерь на отражения СЭ, на слой CdS необходимо нанести просветляющие покрытия для долгосрочной службы структуры. Пленки CdS легированные с индием концентрацией свободных носителей заряда до 10¹⁷см⁻³ и большим значением прозрачности в видимой области спектра к солнечному спектру и могут служить оптическим окном в солнечных элементах.

ЛИТЕРАТУРА

1. И.П.Калинкин, В.Б.Алексовский., А.В.Симашкевич. Эпитаксиальные пленки соединения А²В⁶. Ленинград, изд-во. Ленинградского Университета, 1978, ст.310.
2. Преобразование солнечной энергии. Вопросы физики твердого тела. пер. с англ. М.: Энергиздат. 1982. стр.320.
3. Sh.A.Mirsagatov, J.Janaberganov, s,Zh.Karajanov, S.A.Muzafarova. Effect of γ - radiation on photoelectrical properties of nCdS-pCdTe solar cells. First International Meeting on Applet Physics', phys. Badajoz, Spain, October, 2003.
4. С.А.Музафарова. Фотоэлектрические приборы на основе CdTe. Материалы конференции к 60-летию Ан РУз. 2003, ст. 384-385.
5. С.А.Музафарова. Влияние внешних воздействий на эксплуатационные параметры солнечных элементов на основе поликристаллических пленок CdTe. Материалы конференции «Фотоэлектрические явления в полупроводниках - 2004», Ташкент, 20-21 апрель.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ВЕСТНИК 31.10.20.

© 2018 Все права защищены