

СВОЙСТВА ЛЕГИРОВАННЫХ АТОМАМИ ИНДИЯ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК СУЛЬФИДА КАДМИЯ CdS

Ш.Б.Утамурадова,

Научно-исследовательского института физики полупроводников и микроэлектроники
при

С.А.Музафарова

Национальном университете Узбекистана имени Мирзо Улугбека, г. Ташкент,
Узбекистан.

E-mail: samusu@rambler.ru

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, где концентрация свободных носителей заряда составляет 10¹⁷см⁻³ и сохраняется прозрачность пленок к солнечному спектру.

Ключевые слова.

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

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 A²B⁶, которые изготавливаются недорогой технологией при умеренных температурах.

Основные сведения по технологии синтеза пленок A²B⁶ 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_и=1000⁰С и температурах подложки t_п=180-200⁰С.

В настоящей работе были получены пленки CdS методом термического испарения на стеклянные подложки со слоем SnO₂ при вакууме 10⁻⁵ Тор. Микроструктура и поверхностный рельеф слоя CdS зависит от строения поверхности подложки. При температуре осаждения подложки более 180⁰С 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_{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.%). Размеры частиц составляют в среднем 1,5·10⁻⁵ см (рис.1а). Размеры частиц в пленках CdS:In несколько меньше, чем в случае пленок стехиометрического состава, и составляет ~0,8·10⁻⁵ 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

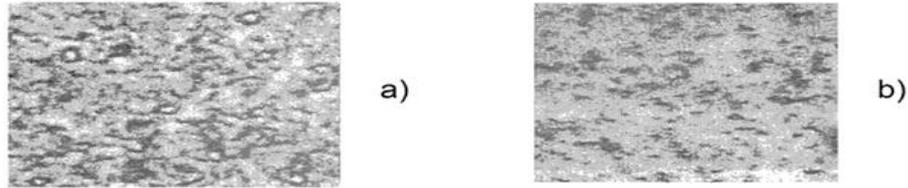


Рис.1. Размеры зерен CdS без примесей индия (а) $\sim 1,5 \cdot 10^{-5}$ см, размеры зерен пленок CdS легированный индием (б) $\sim 0,8 \cdot 10^{-5}$ см.

Измерения показали, что пленки CdS толщиной 3-5 мкм легированные In 1 ат.%. характеризуются достаточно высокой проводимостью ($\sigma = 0,25 \div 0,3$ 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]

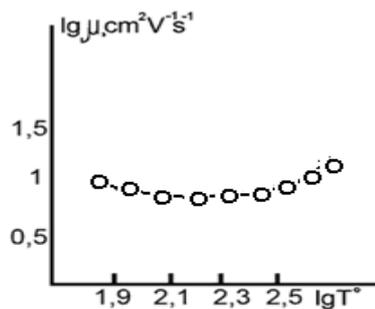


Рис.2. Зависимость подвижности пленок CdS от температуры легированные индием.

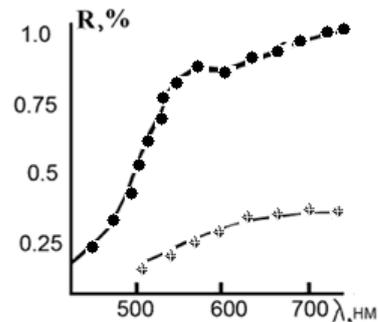


Рис.3. Спектральные зависимости коэффициента пропускания пленок CdS без легирования (а) и пленки CdS легированные индием (б) от длины волны.

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 $1-20 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$ (Рис.3). Как видно из Рис.3, коэффициент пропускания нелегированных пленок составляет $\sim 65-70\%$, в случае пленок CdS+ 1 ат.% In, он составляет менее 20%. 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).

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 $0,1 \div 0,3$ ат.%. Солнечные элементы с оптическим окном CdS с толщиной 10 мкм легированные с In $0,1 \div 0,3$ ат.% на основе CdTe, обладали более высокими значениями напряжения холостого хода [5,6].

Как показывают исследования для уменьшения удельного сопротивления слоев CdS целесообразно провести кратковременный отжиг при температуре 400°C в атмосфере водорода H_2 и для уменьшения потерь на отражения СЭ, на слой CdS необходимо нанести просветляющие покрытия для долгосрочной службы структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. И.П.Калинкин, В.Б.Алексовский., А.В.Симашкевич. Эпитаксиальные пленки соединения A^2B^6 . Ленинград, изд-во. Ленинградского Университета, 1978, с.310.
2. Преобразование солнечной энергии. Вопросы физики твердого тела. пер. с англ. М.: Энергиздат. 1982. с.320.
3. A.A. Ojo, I.M. Dharmadasa, 15.3% efficient graded bandgap solar
4. cells fabricated using electroplated CdS and CdTe thin films. Sol. Energy 136, 10–14 (2016)
5. С.А.Музафарова. Фотоэлектрические приборы на основе CdTe. Материалы конференции
а. к 60-летию Ан РУз. 2003, с. 384-385.
6. 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.
7. A.E. Alam, W.M. Cranton, I.M. Dharmadasa, Electrodeposition
8. of CdS thin-films from cadmium acetate and ammonium thiosul-phate precursors. J. Mater. Sci. Mater. Electron. 30(5), 4580–4589 (2019)