

Секция 2. Инновационные технологии, оборудование и автоматизация. Импортзамещающие материалы

УДК 621.794.4

Н. В. Богомазова, М. Д. Толкач, К. М. Новицкая
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ХИМИЧЕСКОГО НАСЛАИВАНИЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА CdS

***Аннотация.** Исследовано влияние методик подготовки стеклопластин, температуры (20, 40 °С) и количества циклов химического наслаивания (10–30) на оптические свойства наноструктурированных пленок CdS. Показано, что использование повышенной температуры позволяет на 100 нм расширить диапазон достаточной (более 70 %) прозрачности слоев CdS.*

N. V. Bogomazova, M. D. Tolkach, K. A. Novitskaya
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

THE INFLUENCE OF CHEMICAL LAYERING PARAMETERS ON OPTICAL PROPERTIES OF CdS

***Abstract.** The effect of preparation methods for glass, temperature (20, 40 °C) and cycles number of chemical layering (10–30) on optical properties of nanostructured films CdS. It is shown that raising of temperature allows you to extend the sufficient (more 70 %) transparency range by 100 nm for CdS layers.*

На современном этапе развития материаловедения для устройств электронной техники халькогенидные полупроводниковые материалы представляют практический интерес в виде микро- и наноразмерных пленок различных халькогенидов кадмия. Такие микроразмерные пленки могут выполнять роль базового функционального слоя, например, в традиционных высокочувствительных фоторезисторах. В свою очередь наноразмерные пленки CdS более актуальны в роли промежуточных слоев функциональных гетероструктур, например, для тонкопленочных фотоэлементов [1]. Функциональными требованиями к широкозонным полупроводникам для фотовольтаических гетероструктур являются достаточно высокая прозрачность (более 60

%) в видимом диапазоне оптического спектра электромагнитного излучения и повышенное значение ширины запрещенной зоны (более 2 эВ).

Для получения пленок CdS могут быть использованы различные жидкофазные методы, включая гидрoхимическое осаждение, спрей-пиролиз, электроосаждение или химическое наплаивание [2,3].

В данной работе обсуждаются результаты экспериментов по химическому наплаиванию сульфида кадмия. Из упомянутых методов химическое наплаивание выгодно отличается несложным аппаратным оформлением, использованием разбавленных растворов и пониженных температур [3]. К параметрам химического наплаивания относят химический состав катионного и анионного растворов-прекурсоров, их pH и температуру, продолжительность обработки в указанных водных растворах, а также в воде, количество циклов наплаивания.

Образцы сульфида кадмия нами были получены на стеклянных подложках (ТУ 9464-012-5287-6859-2014), исходный размер которых составлял 78x26x1 мм, а реальная площадь наплаивания – около 10 см².

В наших экспериментах в качестве исходных прекурсоров химического наплаивания пленок CdS были выбраны технологичные и недорогостоящие компоненты в виде раствора CdCl₂ и Na₂S. Маршрут формирования пленочных образцов включал операции обработки пластин в ацетоне, в растворе муравьиной кислоты, кипячения подложек в дистиллированной воде; корректировки значений pH растворов-прекурсоров. Химическое наплаивание пленки CdS осуществлялось при последовательной обработке подложек в катионном прекурсор в течение 40 с, в дистиллированной воде в течение 20 с, в анионном прекурсор в течение 40 с, в дистиллированной воде в течение 20 с. Затем проводилась сушка образцов на воздухе. Количество циклов обработки в одном опыте составляло от 10 до 30.

В данной серии проведенных опытов по химическому наплаиванию пленок сульфида кадмия варьировались методики подготовки подложек, количество циклов наплаивания и маршруты наплаивания, а также температура растворов от 20 до 40 °С. Мы использовали более разбавленный катионный прекурсор в виде 0,05 М раствора CdCl₂ и более концентрированный анионный прекурсор в виде 0,1 М раствора Na₂S. После нанесения CdS образцы исследовались с использованием методов гравиметрии, спектрофотометрии, оптической микроскопии, а также омметрии.

Поскольку сульфид кадмия имеет достаточно яркую желтую окраску, то процесс формирования покрытия на поверхности обрабатываемой прозрачной подложки можно контролировать даже визуально во время наслаивания. Гравиметрические измерения позволили оценить толщину осаждаемых пленок на уровне 50–100 нм.

В данной работе рассматривается влияние параметров химического наслаивания CdS на оптические характеристики полученного широкозонного полупроводника с учетом вышеизложенных требований к наноразмерным функциональным слоям. Полученные нами спектры оптического пропускания структуры стекло/CdS (рис. 1) по сравнению с исходной подложкой характеризовались наличием одноступенчатого (образцы 2 и 3) или двухступенчатого (образцы 4 и 5) края собственного поглощения CdS. Коротковолновая граница области собственного поглощения сульфида кадмия соответствовала наиболее высокой энергии порядка 3,3 эВ для образца, полученного при 30 циклах и повышенной температуре. Наименьшая энергия указанной границы порядка 2,6 эВ зафиксирована при маршруте наслаивания 3×10 циклов и комнатной температуре. Это может быть связано с тем, что промежуточные высушивания образцов способствует формированию материала с более высокой степенью кристалличности. Во всех случаях край собственного поглощения наблюдался при энергиях больших, чем табличная величина ширины запрещенной зоны CdS, составляющая порядка 2,4 эВ.

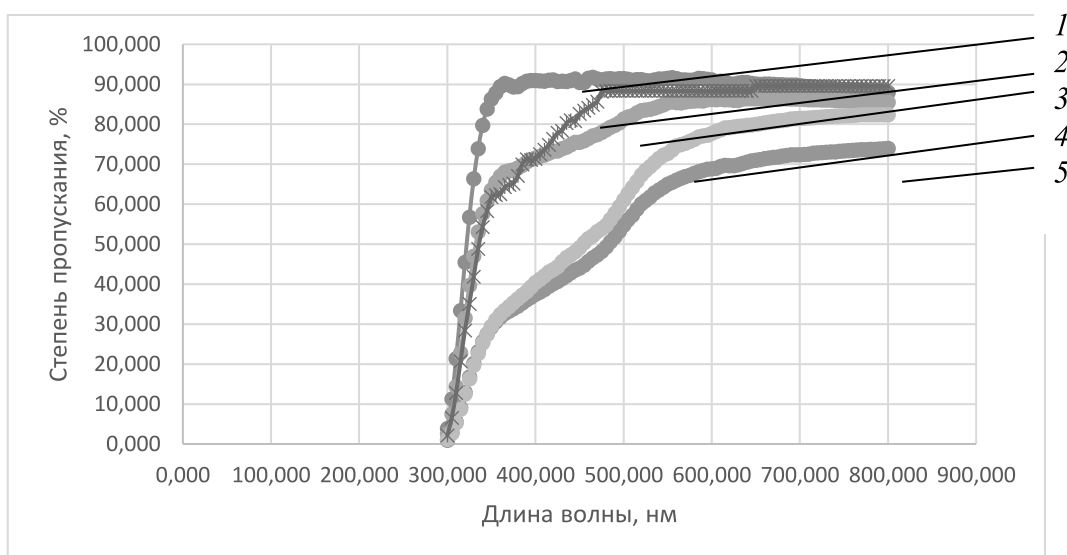


Рис. 1. Спектры оптического пропускания стеклопластин до (1) и после наслаивания CdS при количестве циклов 20 (3), 30 (2, 4), 3×10 (5) и температуре 20 (3, 4, 5) или 40 (2) °C

Важное значение для пленок CdS в случае фотовольтаических применений имеет их прозрачность в видимом диапазоне оптического спектра. Анализ абсолютных значений оптического пропускания (табл. 1) образцов показывает, что наиболее сильно уменьшилось пропускание подложки при многостадийном наслаивании 30-ти циклов по маршруту 3×10 при 20 °С. Для этого образца порог 70-типроцентного пропускания достигался при 600 нм (табл. 1).

Таблица 2 – Данные по оптическому пропусканию подложки и покрытий CdS в различных областях видимого диапазона оптического спектра

Номер образца (по рис. 1)	Количество циклов	Величина пропускания, %			Граница порога пропускания, λ_{70} , нм
		350 нм	500 нм	700 нм	
1	0	88	92	91	327
2	30	63	84	90	382
3	20	66	77	87	385
4	30	32	52	82	532
5	3×10	31	46	73	608

Таким образом, исследования оптических свойств наноразмерных слоев CdS, полученных методом химического наслаивания, показали, что использование повышенной температуры на уровне 40 °С при осаждении позволяет получать более прозрачные слои полупроводника, для которых наблюдается существенный сдвиг (около 100 нм) края собственного поглощения в коротковолновую область спектра. Наиболее сильно уменьшилось пропускание стеклянной подложки при многостадийном наслаивании тридцати циклов CdS по маршруту 3×10 в условиях комнатной температуры. В данном случае край собственного поглощения фиксировался в области, характерной для микродисперсного CdS.

Список используемых источников

1. Optical properties of chemical band deposition CdS thin films / V.F. Gremenok [et al.] // X Inter. Science conference «Actual problems of solid state physics», Minsk, 2023. – P. 134–137.
2. Hongnan, L.K. Fabrication of CdS/SnS heterojunction for photovoltaic application // J. Condens. Matter. Physics. – 2015. – Vol. 5, № 2. – P. 5–10.
3. Толстой, В.П. Реакции ионного наслаивания. Применение в нанотехнологии / В.П. Толстой // Успехи химии. – 2006. – Т.75, № 2. – С. 183–199.