

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ СЛОЁВ CdS, ZnO, НЕКОТОРЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА

*Петру ГАШИН, Татьяна ГОГЛИДЗЕ,
Игорь ДЕМЕНТЬЕВ, Ион ИНКУЛЕЦ,
Андрей КОВАЛЬ*

Электрохимическое осаждение полупроводниковых пленок нашло в настоящее время широкое применение при изготовлении тонкоплёночных устройств. Электрохимический метод отличается простотой нанесения пленок, возможностью изготавливать слои необходимой толщины, состава и свойств. В литературе [1] отмечается, что электрохимическое осаждение пленок CdS является перспективным методом приготовления слоёв этого соединения для фотоэлектрических преобразователей, в частности – солнечных элементов (СЭ). В проведенных нами экспериментах электроосаждение пленок сульфида кадмия проводилось методом электролиза на стеклянные подложки с проводящим слоем SnO₂. Сравнение полученных результатов с литературными данными позволило выбрать следующий состав электролита и режим нанесения: 0,2М

CdCl_2 , 0,02М $\text{Na}_2\text{S}_3\text{O}_3$, рН=2, температура осаждения 75-80°C при токе 100 мА и напряжении 5В. Анодом служила металлическая пластинка кадмия, катодом – стеклянная пластинка со слоем SnO_2 . Равномерные слои площадью 20x20 мм² и толщиной 0,3 мк осаждались в течение 5÷6 минут. Увеличение толщины слоёв достигалось повторным осаждением. Поверхность слоёв характеризуется плотной упаковкой частиц с высокой адгезией к подложке. Исследование спектров пропускания в диапазоне 300-1000 нм показывает наличие коротковолнового спада при 420 нм, что соответствует $E=2,95\text{эВ}$. Если принять это значение за величину оптической ширины запрещенной зоны сульфида кадмия, то оно превышает аналогичный параметр для монокристаллического материала, составляющий $E=2,4\text{эВ}$. Предполагая наличие нанокристаллической структуры в полученных слоях, можно по наблюдаемому «голубому сдвигу» оценить величину нанокристаллов [2]. Согласно расчетам, сделанным по методу, представленному в [2], $R=7\text{ нм}$. Удельное сопротивление слоев составляло порядка $10^3\ \Omega\cdot\text{см}$. Фоточувствительность была незначительной и возрастала после отжига на воздухе при $T=450^\circ\text{C}$ в течение 3 часов (Кратность фотоответа $K=10$, освещенность 1000 лк).

Проведенные эксперименты показали, что электрохимическим способом можно синтезировать слои сульфида кадмия с ультрадисперсными частицами на проводящих подложках, получая структуры $\text{SnO}_2\text{-CdS}$, для создания на их основе СЭ.

Оксид цинка ZnO является важным функциональным материалом, применяемым во многих областях техники. Это прямозонный полупроводник с большой шириной запрещенной зоны, равной 3,3-3,4 эВ при комнатной температуре. Используется для создания высокоэффективных светоизлучающих приборов, работающих в голубой и ультрафиолетовой областях спектра электромагнитного излучения, солнечных элементов, проводящих прозрачных электродов, тонкопленочных транзисторов, сенсорных устройств, УФ-фильтров и т.д.

Пленки оксида цинка получают различными методами, но наиболее привлекательным и экономически выгодным является метод электрофоретического осаждения (ЭФО) слоёв на поверхность анода или катода [3].

В данном сообщении представлены результаты исследования люминесцентных характеристик тонких плёнок ZnO , полученных методом ЭФО на кремниевые подложки р-типа с удельным сопротивлением $10^3\ \text{Ом}\cdot\text{см}$ при напряженностях электрического поля 50-200 В/см.

Для получения суспензии использовался порошок ZnO и изопропиловый спирт (о с ч). Компоненты были взяты в соотношении 0,2 г ZnO на 50мл изопропилового спирта.

ЭФО осуществляли в кварцевой ячейке с электродами, подключёнными к источнику постоянного напряжения Б5-50.

Как показали эксперименты, слой оксида цинка оседает на катоде, что совпадает с описанными в литературе примерами ЭФО покрытий YSZ суспензий в неводных растворителях. Это связано с тем, что в суспензии ZnO в изопропиловом спирте на поверхности частиц формируется двойной электрический слой, в котором поверхностный потенциал определяют положительно заряженные ионы.

В качестве катода использовали кремниевые подложки. Анодом служил электрод из нержавеющей стали размером 20×13 мм². Расстояние между электродами составляло 1 см. Время осаждения – от 1 до 5 мин. Осаждённые слои получались достаточно плотными и однородными, а толщина слоя определялась длительностью процесса.

Спектры люминесценции были исследованы при комнатной температуре (Рис. 1, кр. 1) и при температуре жидкого азота (Рис. 1, кр. 2). Наблюдаемая на полученных слоях оксида цинка зелёная люминесценция может быть интерпретирована по аналогии с результатами [4], где отмечается, что центрами зелёной люминесценции могут являться вакансии цинка, хемисорбированный кислород и неидентифицированные донорно-акцепторные пары. Присутствие дополнительного максимума при 442 нм на кр. 2 можно объяснить захватом дырок, предшествующим зелёной люминесценции, на уровнях, отстоящих примерно на 0,44 эВ от потолка валентной зоны.

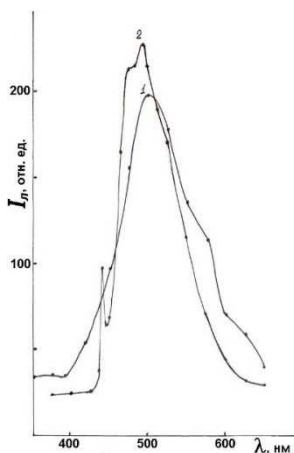


Рис. 1. Спектральное распределение интенсивности люминесценции слоя ZnO на Si.
1. T=300 К, 2. T=77 К

Таким образом, экспериментальные данные позволяют сделать вывод об эффективности метода электрофоретического осаждения при получении тонких люминесцентных слоёв оксида цинка на проводящие покрытия. Полученные структуры могут найти применение в различных устройствах оптоэлектроники.

Литература:

1. ИЛЬЧУК, Г.А., УКРАИНЕЦ, В.О., РУДЬ, Ю.В. и др. Электрохимический синтез тонких плёнок CdS. В: *Письма в ЖТФ*, 2004, том.30, вып.15, с.19-24.
2. ФЁДОРОВ, А.В., РУХЛЕНКО, И.Д., БАРАНОВ, А.В., КРУЧИНИН, С.Ю. *Оптические свойства полупроводниковых квантовых точек*. Санкт-Петербург: Наука, 2011.
3. САФРОНОВ, А.П., КАЛИНИНА, Е.Г., КОТОВ, Ю.А., МУРЗАКАЕВ, А.М., ТИМОШЕНКОВА, О.Р. Электрофоретическое осаждение нанопорошков на пористой поверхности. В: *Российские нанотехнологии*, 2006, т.1, №1-2.
4. КУЗЬМИНА, И.П., НИКИТЕНКО, В.А. *Окись цинка. Получение и оптические свойства*. Москва: Наука, 1984.