

Н. В. Богомазова, доц., канд. хим. наук;  
А.О. Браим, студ.; Т. В. Галковский, асп.;  
И. М. Жарский, проф., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск)

## ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК $\text{SnS}_x$ , ПОЛУЧЕННЫХ ХИМИЧЕСКИМ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

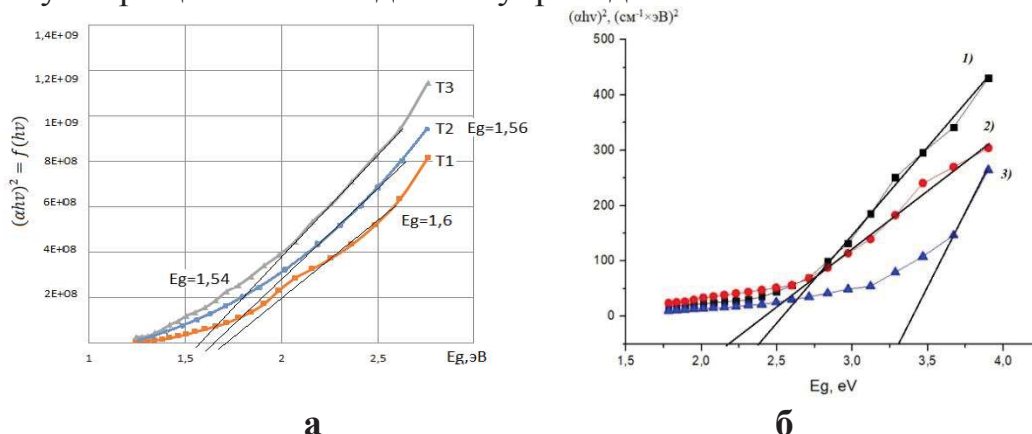
Развитие солнечной энергетики приобретает все большее значение в последние десятилетия. В промышленном производстве солнечных панелей используется высокочистый кремний в различных структурных состояниях. Однако все больший интерес у специалистов по фотовольтаике вызывают тонкопленочные гетеропереходные материалы на основе халькогенидных полупроводников [1].

Объектами исследований в данной работе выступали тонкие пленки сульфидов олова (II).  $\text{SnS}$  является альтернативным материалом в новом поколении тонкопленочных солнечных ячеек, способным заменить материалы на основе токсичного  $\text{CdTe}$ , при создании поглощающих слоев гетероструктур КПД которых теоретически может достичь более 25 %.

В рамках данной работы проводилось исследование оптических свойств субмикронных пленок на основе сульфида олова, полученных методом ионного наслаивания или электрохимического осаждения на поверхности планарных подложек ИТО/стекло. В качестве источников металлического и неметаллического компонентов пленок  $\text{SnS}_x$  использовались соответственно соли  $\text{SnCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  при их концентрации в растворах наслаивания или электролитах электроосаждения в диапазоне 0,1-0,01 моль/л. Пленки были получены при циклической обработке в растворах катионного и анионного прекурсоров или при импульсной катодной поляризации подложек в комплексном ацетатном электролите. Термическая обработка нанесенных слоев проводилась в воздушной среде при температуре 300°C в течении 30 мин. Состав и толщину пленок идентифицировали по данным EDX-анализа. Спектры оптического пропускания, полученные в диапазоне длин волн 300–1000 нм, обрабатывали в координатах Тауца [2].

Полученные образцы были сгруппированы в зависимости от толщины пленок в 3 серии: Т1 (около 200 нм), Т2 (300-400 нм), Т3 (более 400 нм). По данным полученных спектров оптического поглощения для сульфидных пленок, осажденных на поверхности прозрачных подложек ИТО/стекло, фиксируется высокий коэффициент поглощения более  $3 \cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$  для электроосажденных пленок и пониженный коэффициент поглощения менее  $\cdot 10^4 \text{ см}^{-1}$  для химически осажденных пленок. Наличие края собственного поглощения на спектрах и обработка данных в

координатах Тауца (рисунок 1) позволили определить оптическую ширину запрещенной зоны для полупроводников.



**Рисунок 1 – Спектры оптического поглощения пленок SnS<sub>x</sub>, полученных при 120 циклах импульсного электроосаждения (а) или при 30 (1), 60 (2) и 90 (3) циклах химического наслаивания (б)**

Полученные значения ширины запрещенной зоны для пленок, полученных методом электрохимического осаждения, незначительно отличались для пленок различной толщины и составили величину от 1,54 до 1,6 эВ, что хорошо согласуется с литературными данными для электроосажденных пленок SnS [2]. Для пленок, полученных методом химического наслаивания, оптическая ширина запрещенной зоны была существенно больше и составляла от 2,18 до 3,32 эВ. Такой результат может быть связан с образованием фазы оксосульфида олова, что подтверждается данными энергодисперсионного микроанализа.

Таким образом, в наших исследованиях в качестве предпочтительного метода формирования светопоглощающего слоя моносульфида олова, например для фотовольтаических применений, может быть рекомендован метод электроосаждения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Practical handbook of photovoltaics: fundamentals and applications / McEvoy A. [et al.]. – Elsevier, 2003. – 585 p.
2. An investigation on SnS layers for solar cell fabrication with CdS, SnS<sub>2</sub> and ZnO window layers prepared by nebulizer spray method / A. M. S. Arulanantham [et al.] // Appl. Phys. A. – 2018. – Vol. 124, № 11. – P. 2418–2425.