

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОТЖИГА ПРЕКУРСОРОВ  
НА МИКРОСТРУКТУРУ ТОНКИХ ПЛЕНОК  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$** 

Башикиров С.А.<sup>(1)</sup>, Гременок В.Ф.<sup>(1)</sup>, Станчик А.В.<sup>(1)</sup>, Геккель В.С.<sup>(1)</sup>,  
Осакович Е.В.<sup>(1)</sup>, Ракитин В.В.<sup>(2)</sup>, Новиков Г.Ф.<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»  
220072, г. Минск, ул. П. Бровки, д. 19

<sup>(2)</sup> Институт проблем химической физики РАН  
142432, г. Черноголовка, пр. Академика Семенова, д. 1

Тонкие пленки  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  (CZTS) называют в числе наиболее перспективных поглощающих свет материалов для использования в солнечных элементах нового поколения. CZTS характеризуется *p*-типом проводимости, высоким коэффициентом поглощения более  $10^4 \text{ см}^{-1}$  в спектральной области видимого света и шириной запрещенной зоны 1.5 эВ, что близко к оптимуму для фотоэлектрического преобразования солнечного света. В отличие от аналогов, данный материал, состоит из недорогих и широко распространенных в природе компонентов.

В настоящей работе тонкие пленки CZTS синтезированы путем сульфуризации металлических прекурсоров Cu/Sn/Cu/Zn, послойно электрохимически нанесенных на подложки из титановой фольги. Часть образцов прекурсоров предварительно отжигали при 250 °С в течение 30 мин для исследования влияния предварительного отжига на характеристики пленок. Сульфуризацию проводили при 500 °С в течение 2 часов. Микроструктура пленок исследована методами рентгенофазового анализа, спектроскопии комбинационного рассеяния, рентгеноспектрального микроанализа, сканирующей электронной микроскопии.

Установлено, что предварительный отжиг приводит к исключению фаз CuSn и  $\text{CuZn}_4$  из состава прекурсоров. При использовании не отожженных прекурсоров фаза CZTS формируется с преимущественной ориентацией вдоль направлений [211] и [213], при этом на поверхности пленки наблюдаются кристаллиты лепестковой формы. При использовании отожженных прекурсоров фаза CZTS формируется с пористой морфологией и без ярко выраженной преимущественной ориентации. Пленки CZTS, полученные из не отожженных прекурсоров, содержат дефицит олова (отношение ат. %  $\text{Cu}/(\text{Sn}+\text{Zn}) = 0,95$  и  $\text{Zn}/\text{Sn} = 1,95$ ), тогда как использование отожженных прекурсоров приводит к образованию пленок с элементарным составом, близким к стехиометрии ( $\text{Cu}/(\text{Sn}+\text{Zn}) = 1,13$  и  $\text{Zn}/\text{Sn} = 1,06$  отношения ат.%). Пленки, полученные из отожженных прекурсоров, имеют параметры решетки, близкие к данным для объемных кристаллов, что свидетельствует о высоком структурном совершенстве CZTS.

*Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект Ф17РМ-089), Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 17-58-04039) и в рамках Белорусской государственной программы исследований «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» (МАТТЕХ I.06).*