

## Термодинамический анализ условий образования и химическое осаждение пленок $\text{Co}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$

© Борисова<sup>1</sup> Екатерина Сергеевна, Поздин<sup>1</sup> Андрей Владимирович,  
Маскаева<sup>1,2+</sup> Лариса Николаевна, Марков<sup>1,2\*</sup> Вячеслав Филиппович

<sup>1</sup> Кафедра физической и коллоидной химии. Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина. ул. Мира, 19. г. Екатеринбург, 620002.

Свердловская область. Россия. Тел.: +7 (343) 375-93-18. E-mail: [larisamaskaeva@yandex.ru](mailto:larisamaskaeva@yandex.ru)

<sup>2</sup> Кафедра химии и процессов горения. Уральский институт ГПС МЧС России.  
ул. Мира, 22. г. Екатеринбург, 620022. Свердловская область. Россия. Тел.: +7 (343) 360-81-68.

\*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

**Ключевые слова:** ионные равновесия, граничные условия образования, химическое осаждение, тонкие пленки, сульфид свинца, легирование, сульфид кобальта.

### Аннотация

Востребованность электроники диктует необходимость решения вопроса, связанного с созданием разбавленных магнитных полупроводников в тонкопленочном состоянии не только на основе широкозонных, но и узкозонных соединений, представляющих собой немагнитные полупроводники, в которых часть атомов решётки замещена на атомы переходных металлов, например Со. Поэтому не меньший интерес представляет получение низкотемпературным, не требующим сложного оборудования – химическим осаждением тонкопленочного  $\text{PbS}$  с шириной запрещенной зоны 0.41эВ, легированного кобальтом. Перед тем, как попытаться получить твердые растворы замещения  $\text{Co}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ , нами предварительно проведен анализ ионных равновесий в реакционной системе « $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 - \text{CoCl}_2 - \text{Na}_3\text{Cit} - \text{NH}_4\text{OH} - \text{N}_2\text{H}_4\text{CS}$ », позволивший установить, что преобладающими комплексами в выбранных условиях синтеза являются гидроксо-цитратный комплекс свинца и аммиачные комплексы кобальта, препятствующие быстрому превращению их солей в сульфиды. В области рН гидролитического разложения тиомочевины обеспечивается поставка необходимого количества ионов халькогена ( $\text{S}^{2-}$ ) для взаимодействия с активными ионами  $\text{Pb}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$ . Благоприятными условиями образования твердых растворов на основе сульфидов свинца и кобальта, не содержащих гидроксиды  $\text{Co}(\text{OH})_2$  и  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ , служат достаточно высокие концентрации цитрата натрия (> 0.3 моль/л) и водного раствора аммиака (> 3.75 моль/л) в исследуемой реакционной смеси. Результаты расчетов представлены в виде трехмерных графических зависимостей в координатах “показатель начальной концентрации соли свинца (кобальта) – рН раствора – концентрация лиганда”. Химическим осаждением из установленной расчетом реакционной смеси при температуре 353 К в течение 90 минут на стеклянных подложках получены однородные слои  $\text{CoPbS}$  толщиной ~450 нм с размером кристаллитов ~200-300 нм, доля которых составляет ~60%. В синтезированных пленках наблюдается избыток ионов металлов по сравнению с халькогеном при содержании кобальта 0.1 % ат. в пленках, полученных при минимальной концентрации хлорида кобальта в реакторе.

### Выходные данные для цитирования русскоязычной версии статьи:

Борисова Е.С., Поздин А.В., Маскаева Л.Н., Марков В.Ф. Термодинамический анализ условий образования и химическое осаждение пленок  $\text{Co}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$ . *Бутлеровские сообщения*. 2022. Т.69. №2. С.69-79. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/22-69-2-69

или

Ekaterina S. Borisova, Andrey V. Pozdin, Larisa N. Maskaeva, Vyatcheslav F. Markov. Thermodynamic analysis of formation conditions and the chemical deposition of  $\text{Co}_x\text{Pb}_{1-x}\text{S}$  films. *Butlerov Communications*. 2022. Vol.69. No.2. P.69-79. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/22-69-2-69. (Russian)