**Синтез и свойства сложных бромидов в тройных системах**

**CsBr-MBr- SbBr3 и CsBr-MBr-BiBr3 (M=Ag, Cu)**

**Камилов Р.Х.1, Иброхимов М.М.1,Чжу Ч.1,**

*Стажер*

*1Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,*

*факультет наук о материалах, Москва, Россия*

*E–mail: rustamk-99@mail.ru*

 Тройные галогениды с общей формулой A2B(I)B(III)X6, рассматриваются в качестве потенциальных альтернатив перовскитам галогенидов свинца в области фотовольтаики и фотолюминесценции. Светоизлучающие диоды (СИД), лазеры, фотодетекторы и т. д. на основе перовскитоподобных неорганических галогенидов делают их весьма перспективными. В числе составов двойных перовскитов, предсказанных теоретически, однако не полученных экспериментально, привлекательными задачами для синтеза являются фазы Cs2CuSbBr6, Cs2AgSbBr6, являющиеся полупроводниками и имеющими значения ширины запрещенной зоны 1.6 эВ, 1.93эВ и 2.07 эВ соответственно [1,2]. В теоретической работе отмечают, что фаза Cs2CuSbBr6 термодинамически стабильна, находясь вне кристаллографически стабильной области. В данной работе представлены последние экспериментальные результаты по изучению процессов кристаллизации тройной системы простых бромидов CsBr-CuBr-SbBr3 в интервале температур 200 – 650°С. **Целью научно-исследовательской работы** является сложных бромидов в тройных системах CsBr-MIBr-MIIIBr3 (MI– Cu, Ag; MIII – Sb, Bi) и исследование оптических свойств полученных образцов. В связи с этим, в работе поставлены следующие задачи: 1) Изучение условий формирования фазы Cs2AgBiBr6 со структурой двойного перовскита методами расплавного ампульного, твердофазного и растворного синтезов; 2) Определение областей гомогенности в бинарной системе CsAgxCu2-2xBr3 (х = 0 – 1) в условиях ампульного синтеза (Т = 300°С и 650°С); 3) Определение областей гомогенности в бинарной системе Cs3Bi2-2xSbxBr9 (x = 0 – 1) в условиях ампульного синтеза (Т = 450°С, 650°С); 4) Изучение фазовых равновесий в бинарной системе CsCu2Br3 – Cs3Sb2Br9; 5) Поиск условий окна стабильности фазы Cs2CuSbBr6 со структурой двойного перовскита; 6) Изучение областей гомогенности для бинарных систем Cs2Ag1-xCuxBiBr6 (x = 0 – 1) и Сs2AgBi1-ySbyBr6 (y = 0 – 1).

 Твердофазный и гетерофазный ампульный синтез использовался в качестве основных подходов при синтезе композиций двойных перовскитов, бинарных бромидов, а также при исследовании различных бинарных участков в составе этих тройных систем. Образцы теоретически предсказанного состава двойного перовскита Cs2CuSbBr6 были синтезированы твердофазным или гетерофазным ампульным методами. Отжиги проводились при T =200-650 °C, а продолжительность экспериментов составляла 12-96 часов. Установлено, что фаза Cs2AgBiBr6 стабильна при температуре отжига 300оС. При 350оС и выше структура не стабильна. Показано, что частичное замещение медь в CsCu2Br3 на серебро (CsAgxCu2-2xBr3) приводить к уменьшению дефектных уровней поглощения или красному сдвигу края поглощения. При х=0.03-0.15 образование твердых растворов не наблюдается. По результатам РФА определено, что состав Cs2Bi2-2xSbxBr9 является твердым раствором при x = 0 – 1. В разрезе CsCu2Br3-Cs3Sb2Br9 не наблюдается образования двойного перовскита, твердых растворов или простых бромидов, что свидетельствует о бинарности этого разреза. В тройной системе CsBr-CuBr-SbBr3 при условиях синтеза – Т=200-650°С, t=12-48 ч. образование двойного перовскита не наблюдается.

**Литература**

1.Volonakis G. et al. Lead-Free Halide Double Perovskites via Heterovalent Substitution of Noble Metals // J. Phys. Chem. Lett. 2016. Vol. 7, № 7. P. 1254–1259.

2. Wu C. et al. The Dawn of Lead‐Free Perovskite Solar Cell: Highly Stable Double Perovskite Cs2AgBiBr6 Film // Advanced Science. 2018. Vol. 5, № 3. P. 1700759.