

УД-11

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК СУЛЬФИДА СВИНЦА, ЛЕГИРОВАННЫХ ИОНАМИ КАДМИЯ И ИОДА

А. Д. Кутявина¹, Л. Н. Маскаева^{1,2}, Е. В. Мостовщикова³, В. И. Воронин³, В. Ф. Марков^{1,2}

¹ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19.

² Уральский институт ГПС МЧС России. 620137, Екатеринбург, ул. Мира, 22.

³ Институт физики металлов УрО РАН имени М. Н. Михеева. 620108, Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, 18. E-mail: n-kutyavina@mail.ru

Уникальные электрофизические характеристики пленок сульфида свинца PbS позволяют использовать их для решения различных задач опто- и микроэлектроники, в том числе в производстве приборов экологического мониторинга, быстродействующих фотодетекторов, полупроводниковых элементов и солнечной энергетики.

Известно, что допирование пленок сульфида свинца химическими элементами является важным инструментом изменения морфологических, структурных и фотоэлектрических характеристик. Малоизученным остается вопрос, как повлияет одновременное присутствие анионов – в виде ионов иода и катионов – в виде ионов кадмия, на свойства пленок сульфида свинца, полученных гидрохимическим осаждением при использовании лиганда – этилендиамина, нетипичного для получения обсуждаемых соединений. Легирование ионами иода проводилось путем введения в реакционную смесь NH₄I в количестве 0.15 моль/л, а легирование кадмием осуществлялось путем добавки соли CdI₂, содержание которой составляло 0,05, 0,5 и 5 ммоль/л. Содержание ионов Cd в пленках PbS при этом менялось от 0,38 ат.% до 2,76 ат.%, а содержание иода составляло примерно 1.80±0.09 ат.% и слабо зависело от введения иодида кадмия.

Пленка нелегированного PbS состоит из кристаллитов размером ~ 250 нм с правильной огранкой. Добавка NH₄I приводит к нарушению огранки и уменьшению размера зерна примерно в 2 раза, а введение CdI₂ – к уменьшению разброса частиц по размерам. По данным рентгеноструктурного анализа, при легировании иодом параметр кристаллической решетки уменьшается, а затем при легировании кадмием – увеличивается. Рост параметра кристаллической решетки может быть связан с внедрением ионов кадмия в междоузлия.

Одними из наиболее важных свойств тонкопленочных полупроводников являются их оптические характеристики, которые зависят от различных факторов. Были проведены исследования оптических свойств пленок PbS, PbS(I) и PbS(I, Cd) в ближнем ИК и видимом диапазоне (0,3–1,6 эВ) в области края поглощения. Спектр поглощения $\alpha(E)$ нелегированной пленки PbS характеризуется шириной запрещенной зоны $E_g = 0,84$ эВ и наличием примесной полосы поглощения при 0,52 эВ, которая может быть связана с небольшим избытком свинца в пленке. Введение добавки NH₄I практически не влияет на край поглощения, но приводит к появлению дополнительной полосы поглощения при 0,7 эВ. После добавления в реакционную смесь соли CdI₂ эта дополнительная полоса поглощения исчезает, а E_g увеличивается до 0,98, 1,00 и 1,02 эВ. Слабое изменение величины E_g для пленок, полученных из реакционных смесей, содержание соли CdI₂ в которых отличается на два порядка, согласуется с данными поэлементного анализа, указывающими на близкое значение кадмия, вошедшего в сульфид свинца.

Таким образом, легирование иодом не влияет на ширину запрещенной зоны тонкопленочного PbS и приводит только к появлению дополнительного примесного уровня, а легирование кадмием приводит к увеличению ширины запрещенной зоны.

Рентгеновская дифракция была выполнена с использованием УНУ «НМК ИФМ» в рамках государственного задания Минобрнауки России по теме «Поток» № АААА-А18-118020190112.

The work was financially supported by program 211 of the Government of the Russian Federation (No. 02.A03.21.0006.). Optical investigations were carried out within the state assignment of Minobrнауки of Russia (theme "Spin" No. АААА-А18-118020290104-2).