Структурные и оптические свойства тонких пленок PbS:Fe

Е.В. Мостовщикова¹⁾, В.И. Воронин¹⁾, Л.Н. Маскаева^{2,3)}, А.Д. Кутявина²⁾, Н.А. Чуфарова²⁾

¹⁾ ИФМ УрО РАН, Екатеринбург, 620108, С. Ковалевской 18

²⁾ УрФУ, Екатеринбург, 620002, ул. Мира, 19

³⁾ ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург, 620062, ул. Мира, 22

тел: +7 (343) 378-3810, эл. почта: mostovskova@imp.uran.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-29

Одним из методов управления характеристиками фоточувствительных слоев PbS, которые широко применяются в различных областях оптоэлектроники, является введение в реакционную смесь допирующих добавок. В основном в литературе исследуются нанокристаллические пленки сульфида свинца и эффект уменьшения размера кристаллитов пленки при введении легирующих солей. При этом наблюдаемые изменения полупроводниковых характеристик связывается с размерным эффектом вследствие уменьшения размера частиц до близкого к размеру экситона (~ 20 нм). В настоящей работе исследовано изменение свойств пленок PbS, полученных методом гидрохимического осаждения, при введении соли железа (II). Добавка в виде FeCl₂ выбрана, поскольку введение ионов Fe²⁺ может не только влиять на ширину запрещенной зоны PbS, но и приводить к появлению ферромагнетизма [1], а значит указать новые пути модификации свойств PbS. Чтобы исключить влияние размерного эффекта синтезированы пленки с размером кристаллитов больше 100 нм.

Пленки PbS:Fe толщиной ~380-400 нм получены гидрохимическим осаждением на стеклянные подложки из цитратно-аммиачной ванны с добавлением FeCl₂ от 0.05 до 5 ммоль/л. Кристаллическую структуру изучали методом рентгеновской дифракции на дифрактометре Дрон-4 с медным анодом в геометрии Брэгга-Брентано. Оптические исследования проводили в ближнем ИК диапазоне (0.3 < E < 1.2 эВ) с использованием призменного спектрометра.

По данным XRD анализа введение Fe²⁺ в PbS не изменяет тип кристаллической структуры PbS. При концентрации FeCl₂ в растворе не более 1 ммоль/л параметр решетки *a* увеличивается от 5.9321 Å до 5.9423 Å (рис.1а). Поскольку ионный радиус Pb²⁺ больше, чем Fe²⁺, то наблюдаемое увеличение параметра *a* можно связать с внедрением ионов Fe²⁺ в междоузлия PbS. При увеличении концентрации FeCl₂ в растворе до 5 ммоль/л параметр *a* уменьшается до 5.9338 Å, что указывает на замещение свинца железом. В работе [2] обнаружено уменьшение параметра решетки PbS и формирование твердого раствора PbS:Fe с ростом содержания Fe²⁺, однако в работе [2] рассматривались более высокие уровни легирования, чем у нас.

При введении FeCl₂ до 5 ммоль/л в спектрах поглощения наблюдается слабое уменьшение E_g от 0.44 эВ для исходного PbS до 0.42 эВ, а при энергии 0.3 эВ появляется дополнительная полоса поглощения, интенсивность которой увеличивается с ростом концентрации допанта. (рис. 1б). Увеличение содержания FeCl₂ до 5 ммоль/л приводит к значительному синему сдвигу края поглощения, E_g увеличивается до 0.58 эВ, и к сдвигу примесной полосы поглощения в сторону больших

энергий. Таким образом, наблюдается корреляция в изменении параметров решетки и оптических свойств PbS:Fe вблизи края поглощения.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы 211 правительства Российской Федерации № 02.A03.21.0006 и в рамках государственного задания ФАНО России (тема "Поток" № АААА-А18-118020190112-8 и тема "Спин", № ААААА18-118020290104-2) и по проекту УрО РАН № 18-10-2-37.

Литература

- [1] S. Ravishankar, A.R. Balu, et al. // Optik. 2017. V.134. P.121-127
- [2] O. Portillo Moreno, R. Gutierrez Perez, et al. // Optic. 2016. V.127. P. 10273-10282.