

СТРУКТУРА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК $Cd_{1-x}Mn_xSe$ И ВЛИЯНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА ИХ ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

М.А. МЕХРАБОВА¹, И.Р. НУРИЕВ², Н.Г. ГАСАНОВ³, Э.И. МИРЗОЕВ²,
З.И. СУЛЕЙМАНОВ², Н.И. ГУСЕЙНОВ¹, С.С. ФАРЗАЛИЕВ², Н.В. ФАРАДЖЕВ²

¹Институт Радиационных Проблем НАНА, Баку, Азербайджана

²Институт Физики им. академика Г.М. Абдуллаева НАНА, Баку, Азербайджана

³Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджана

m.mehrabova@science.az

Методом конденсации молекулярных пучков были получены эпитаксиальные пленки $CdSe$, $Cd_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.03$), исследованы структура, морфология поверхности, измерены оптические параметры. Из спектров оптического пропускания определена толщина пленок и ширина запрещенной зоны, которые соответственно составили $d=1.3$ мкм, $E_g=1.72$ эВ. Пропускание пленок при $T_n=300$ К на слюдяных подложках было больше, чем на стеклянных. Происходит уменьшение ширины запрещенной зоны с внедрением атомов Mn в $CdSe$. Облучение пленок γ -квантами при дозах $D_\gamma \leq 3350$ Гр приводит к уменьшению оптического пропускания, но не происходит изменение ширины запрещенной зоны.

Ключевые слова: Полумагнитный полупроводник, эпитаксиальная пленка, пропускание, поглощение, ширина запрещенной зоны, облучение

PACS: 72.40.+W, 76.30Kg, 78.20, 79.60.-i

1. ВВЕДЕНИЕ

Тонкие пленки твердых растворов полумагнитных полупроводников (ПМП) $Cd_{1-x}Mn_xSe$, сочетающие в себе магнитные и полупроводниковые свойства, последние годы стали объектом интенсивных исследований. Эти материалы нашли свое успешное применение в создании солнечных элементов, датчиков газа и т. д. Надо отметить, что получению тонких пленок $Cd_{1-x}Mn_xSe$ и исследованию их физических свойств посвящено ряд работ [1,2], но исследование ионизирующего излучения на физические свойства этих полупроводников, а также структур на их основе до сих пор не изучена, что является важным фактором для получения радиационноустойчивых и радиационночувствительных материалов для приборостроения. Поэтому, изучение влияния γ -излучения на физические свойства эпитаксиальных пленок $Cd_{1-x}Mn_xSe$ является актуальной задачей.

В данной работе синтезированы твердые растворы $Cd_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.03$) и получены их тонкие пленки на стеклянных и слюдяных подложках. Определены оптимальные условия получения эпитаксиальных пленок с совершенной кристаллической структурой и чистой, гладкой поверхностью. Изучена кристаллическая структура, морфология поверхности и оптические свойства полученных тонких пленок, а также влияние γ -излучения на их оптические свойства.

2. СТРУКТУРА И МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК $Cd_{1-x}Mn_xSe$

Были синтезированы твердые растворы $Cd_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.03$) и методом конденсации молекулярных пучков получены их тонкие пленки на стеклянных и слюдяных подложках при вакууме 10^{-4} Па при температуре подложки $T_n=300$ К и $T_n=670$ К

с компенсацией и без компенсации паров Se в процессе роста.

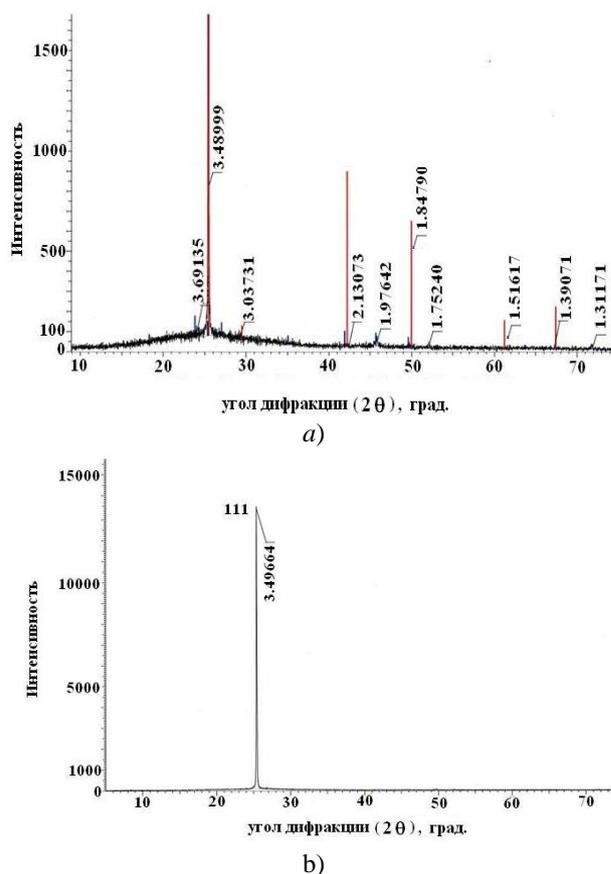


Рис.1. Рентгенодифракционный снимок пленок $Cd_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.03$), полученных на стеклянных подложках: а) $T_n=573$ К, б) $T_n=673$ К

Структуры пленок исследовались рентгенодифрактометрическим методом (рис.1). Дифрактограммы были получены на рентгеновской установке Bruker XRD D8 Advance [3,4]. Показано, что на стеклянных пластинах при температуре подложки $T_n=300$ К полученные пленки имеют

поликристаллическую структуру в смеси с аморфной фазой. Увеличение температуры подложки ($T_n \geq 470K$) приводит к получению поликристаллических пленок с кубической структурой ($a=6,05\text{\AA}$). Выше $T_n > 670K$ начинается эпитаксиальный рост.

Морфология поверхности эпитаксиальных пленок $Cd_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.03$) полученных на стеклянных подложках без компенсации и после компенсации дополнительным источником паров Se в процессе роста исследовалась электронномикроскопическим методом на сканирующем электронном микроскопе (Carl Zeiss Sigma VP). Как видно из рис.2.а, на поверхности исследованных пленок наблюдаются черные скопления, которые являются продуктами окисления, образующиеся вследствие частичного разложения испаряемого материала в процессе роста. С использованием дополнительного компенсирующего источника паров Se, черные скопления исчезают, получается тонкие пленки с гладкой, чистой поверхностью.

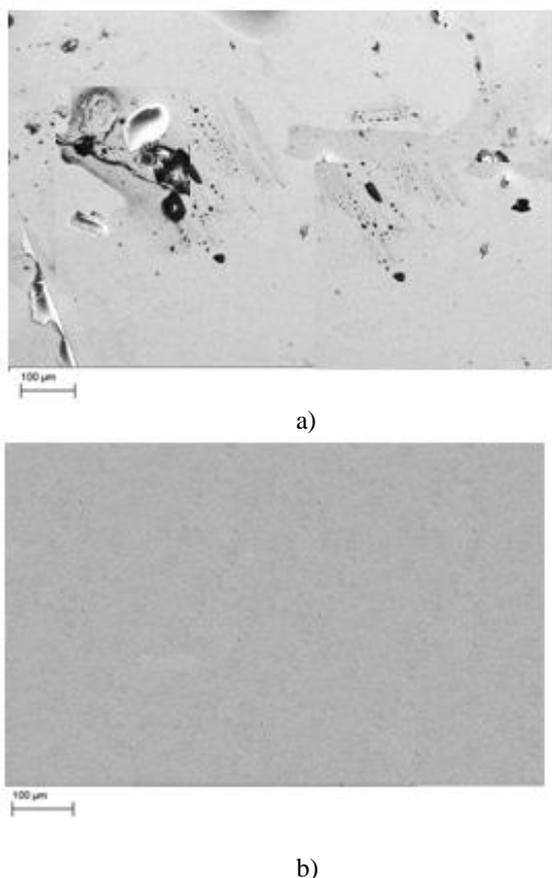
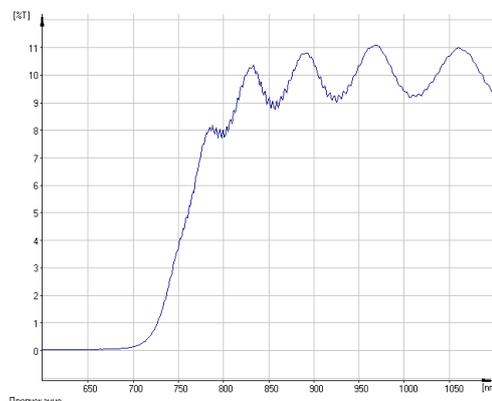


Рис. 2. Электронномикроскопические снимки поверхности эпитаксиальных пленок $Cd_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0,03$) полученных при температуре подложки $T_n=673K$: а) без компенсации Se, б) с компенсацией Se.

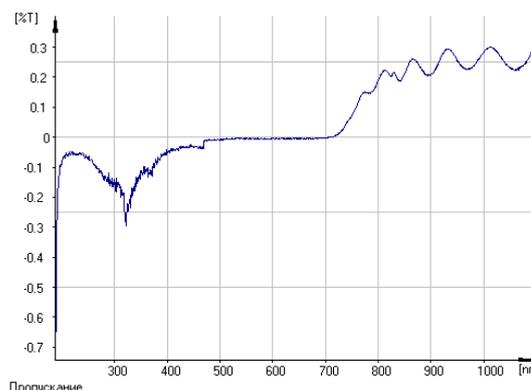
3. ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $Cd_{1-x}Mn_xSe$

В данной работе были исследованы спектры поглощения и пропускания тонких пленок $Cd_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.03$) при температурах $T_n=300K$ и $T_n=673K$ на подложках слюды и стекла на спектрофотометре UV-Visible SPECORD 210 PLUS (рис.3).

Спектры пропускания тонкой пленки $Cd_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.03$) имеют пики и впадины, обусловленные интерференционными явлениями, что свидетельствует о высоком структурном совершенстве тонких пленок. Показано, что при $T_n=300K$ пропускание $Cd_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.03$) на слюдяных подложках больше, чем на стеклянных.



а)



б)

Рис.3. Оптическое пропускание $Cd_{1-x}Mn_xSe$, $x=0.03$, $T_n=300K$ а) на стеклянной подложке б) на слюдяной подложке

Для изучения оптических параметров мы использовали конвертный метод [5,6]. По спектру пропускания с интерференцией помощью конвертного метода были определены показатель преломления $n(\lambda)$, коэффициент поглощения $a(\lambda)$, ширина запрещенной зоны E_g и толщина d [5,6].

Определено, что ширина запрещенной зоны для $Cd_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.03$) составляет $E_g=1.72\text{эВ}$, тогда как для $CdSe$ $E_g=1.74\text{эВ}$. Это говорит о том, что с внедрением атомов Mn в кристаллическую ячейку, а также с увеличением концентрации Mn в составе $Cd_{1-x}Mn_xSe$ происходит уменьшение ширины запрещенной зоны. Полученный результат подтверждается нашими теоретическими исследованиями, а также согласуется с литературными данными [6]. Напомним, что в ПМП $Cd_{1-x}Mn_xTe$ происходит обратный процесс.

В данной работе изучено влияние γ -излучения на спектры пропускания и поглощения эпитаксиальных пленок ПМП $Cd_{1-x}Mn_xSe$ ($x=0.03$), полученных на стеклянных подложках при $T_n=673K$

(рис.4, рис.5). Образец облучали при дозе $D_\gamma \leq 350 \text{Qr}$. Выявлено, что облучение γ -квантами при дозах $D_\gamma \leq 350 \text{Qr}$ не приводит к изменениям ширины запрещенной зоны, уменьшается оптическое пропускание.

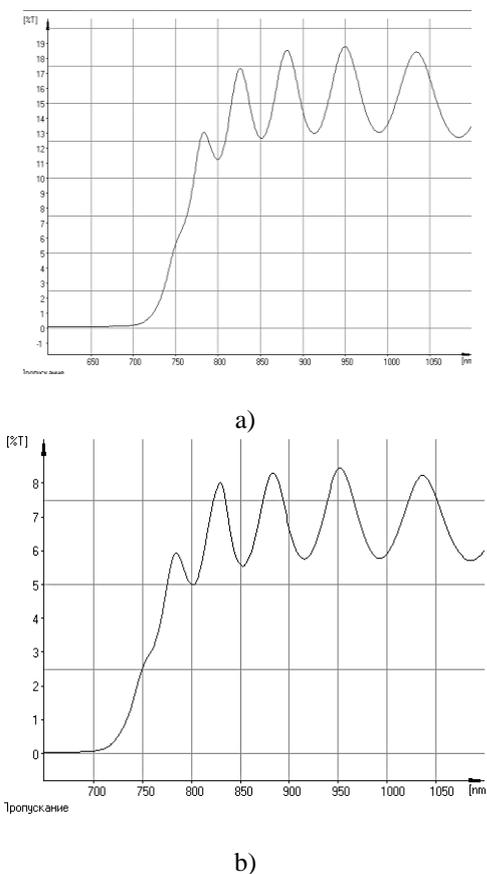


Рис.4. Пропускание $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$, $x=0.03$, $T_n=673\text{K}$ на стеклянной подложке: а) $D_\gamma=0$, б) после облучения при $D_\gamma=350\text{Gr}$

Из спектров оптического пропускания эпитаксиальных пленок $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$, $x=0.03$ определена толщина пленок и ширина запрещенной зоны, которые соответственно составили $d=1.3\text{мкм}$, $E_g=1.72\text{эВ}$. Ширины запрещенной зоны эпитаксиальных пленок $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$, $x=0.03$ полученных на

стеклянных и слюдяных подложках при температуре подложек $T_n=673\text{K}$ были одинаковы. Пропускание тонких пленок $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$, $x=0.03$ при $T_n=300\text{K}$ на слюдяных подложках было больше, чем на стеклянных подложках, которое объясняется с различием кристаллических структур пленок, полученных на этих подложках.

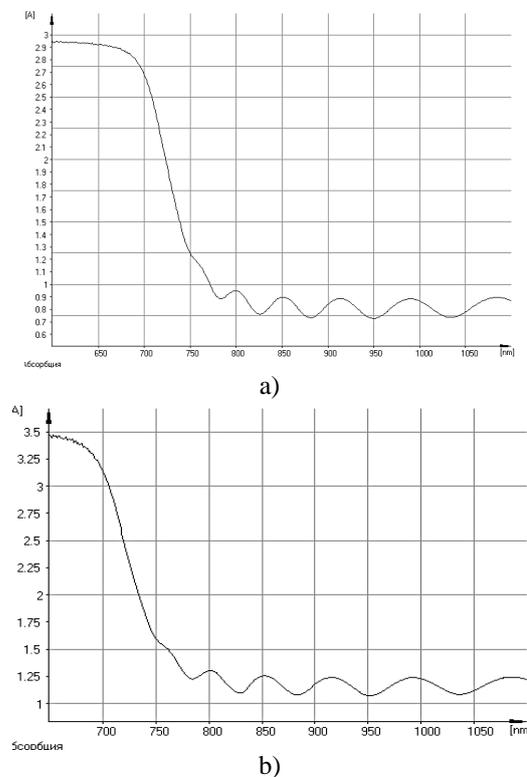


Рис. 5. Поглощение $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$, $x=0.03$, $T_n=673\text{K}$ на стеклянной подложке а) $D_\gamma=0$, б) после облучения $D_\gamma=350\text{Gr}$

4. РЕЗУЛЬТАТЫ

Облучение γ -квантами при дозах $D_\gamma \leq 350 \text{Gr}$ приводит к уменьшению оптического пропускания, но не влияет на ширину запрещенной зоны.

[1] A.H.Eid, M.B.Seddek, A.M.Salem, T.M. Dahy. Preparation and Characterization of thermally evaporated $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$ thin films. Journal of Applied Sciences Research, 2008, 4,3, p.319-330

[2] J. Dargad. $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$ Thin Films Preparation by Cbd: Aspect on Optical and Electrical Properties. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Materials and Metallurgical Engineering. 2016, v.10, 6

[3] S.Singh, A K Shrivastava. Structural and morphological characterization of CdSe:Mn thin films. Pramana – J. Phys. 2017, 89, 15, p.1-4

[4] И.Р. Нуриев, М.А. Мехрабова, Н. Г. Гасанов. Структура и морфология поверхности

эпитаксиальных пленок $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Se}$. Поверхность, 2018, № 5, с. 98–101

[5] М.А. Мехрабова, Г.Р. Нуриев, Н.Н. Гаджиева, Н.И. Гусейнов, Р.Н. Гасанлы. Оптические спектры тонких пленок $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ / 8th Conference: Radiation research and its practical aspects, Баку, 2013, p.45-46

[6] В.В. Брус, М.Н. Солован, Э.В. Майструк, И.П. Козьярский, и др. Особенности оптических и электрических свойств поликристаллических пленок CdTe , изготовленных методом термического испарения // ФТП, 2014, т.56, в.10, с.1886-1890