

ЭЛЕКТРОНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БЛИЖНЕГО ПОРЯДКА В АМОРФНЫХ ПЛЕНКАХ СОЕДИНЕНИЙ $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Se}_7$.

Э. Ш. ГАДЖИЕВ, А. И. МАДАДЗАДЕ

*Институт Физики НАН Азербайджанской Республики.
AZ-1143, Баку, пр. Г.Джавида, 33*

Elektronografik metod ilə $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Se}_7$ amorf təbəqələrindən elektronların sərilmələrinin ($S_{\max}=112 \text{ nm}^{-1}$) intensivlik əyriləri alınmışdır.

Amorf təbəqələrin tərkibləri kristallaşdırılmış təbəqələrdən alınan elektronogramlarla müəyyənləşdirilmişdir.

Alınmış amorf təbəqələrdə atomların radial paylanma əyrləri qurulmuş və onların yaxın nizam quruluş parametrləri təyin edilmişdir.

Методом электрографии получена кривая интенсивности рассеяния электронов для аморфных пленок $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Se}_7$ в зависимости от угла рассеяния до $S_{\max}=112 \text{ nm}^{-1}$. Состав аморфных пленок контролировался по электрограммам от закристаллизовавшихся пленок. Построена кривая радиального распределения атомов и определены параметры ближнего порядка в полученных аморфных пленках.

Electron scattering intensity curves for amorphous $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Se}_7$ films have been obtained by the transmission electron diffraction (TED) method up to $S_{\max}=112 \text{ nm}^{-1}$. Amorphous samples were crystallization and the compositions of the products were measured by TED. The atomic radial distribution function has been calculated and the short – range order parameters have been determined.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы аморфные сплавы, содержащие халькогенидные стекла и редкоземельные элементы, широко изучаются в связи с применением в электронной технике. В пленочном состоянии такие материалы мало изучены. Однако для более полного раскрытия возможностей их использования необходимо ясное представление об их атомной структуре, топологическом и химическом ближнем порядке.

В данной работе приводятся данные по исследованию структуры ближнего порядка в аморфных пленках соединений $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Se}_7$.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Аморфные пленки толщиной $\sim 30 \text{ nm}$ были получены при испарении монокристаллического $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Se}_7$ на подложки NaCl, KCl и на аморфный целлулоид, находящиеся при комнатной температуре. Дозированное содержание примеси Sm в соединениях YbAs_4Se_7 составляло 0.2 ат.%. Пленки осаждались со скоростью $\sim 10 \text{ nm/s}$, при этом давление остаточных газов в напылительной камере было $\sim 10^{-4} \text{ Па}$. Полученные аморфные пленки стабильны при комнатной температуре и кристаллизуются при температуре $T=373 \text{ K}$. Кристаллизация аморфных пленок показала идентичность состава аморфных и кристаллических пленок. Структуру пленок определяли с помощью электронографического метода на вертикальном электронографе марки ЭМР-102 при ускоряющем напряжении 75 кВ. От этих аморфных пленок были получены электрограммы методом переменной экспозиции, что позволило осуществить регистрацию интенсивности рассеянного электронного излучения до $S_{\max} = 112 \text{ nm}^{-1}$ (рис.1). На кривой интенсивности рассеяния электронов в зависимости от угла рассеяния наблюдаются 5 максимумов при $S_1 = 14.5$; $S_2 = 29.0$; $S_3 = 48.0$; $S_4 = 77.5$; $S_5 = 101.0 \text{ nm}^{-1}$ (рис.2).

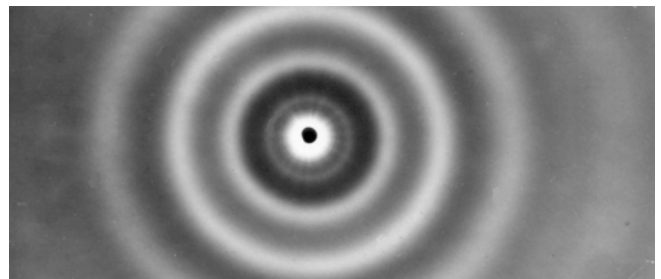


Рис. 1. Электрограмма от аморфного $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Se}_7$.

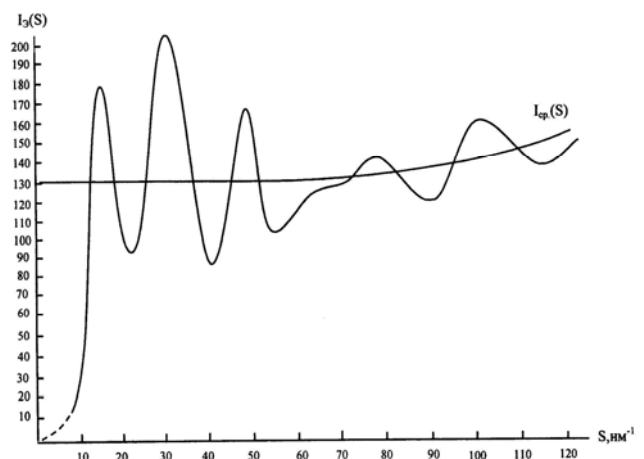


Рис. 2. Кривая интенсивности рассеяния электронов для $\text{Yb}_{1-x}\text{Sm}_x\text{As}_4\text{Se}_7$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения структур аморфных пленок был использован метод радиального распределения атомов. Кривые радиального распределения атомов (КРРА) для аморфных соединений построены нами на основе известной формулы [1]:

$$4\pi r^2 \sum_i \sum_j c_i k_i k_j \rho_{ij}(r) = 4\pi r^2 \rho_o \left(\sum_i c_i k_i \right)^2 + \frac{2r}{\pi} \alpha \int_0^s s [\alpha(s) - 1] \sin sr ds \quad (1)$$

Здесь $\rho_{ij}(r)$ – парциальная функция радиального распределения атомной плотности атомов j – го сорта вокруг атомов i –го, α – нормирующий множитель, $\alpha(s)$ – структурный фактор, $s = 4\pi \sin\theta/\lambda$, где, θ – угол рассеяния. Нормирующий множитель “ α ” для перехода от относительных единиц интенсивности к абсолютным, определенный нами по средней атомной плотности, оказался равным $\alpha = 0.196$ для $Yb_{1-x}Sm_xAs_4Se_7$. Средняя атомная плотность ρ_o , вычисленная по (3), равна $\rho_o = 0.339 \text{ нм}^{-3}$. Для рассеивающих способностей иттербия, мышьяка и селена получено: $K_{Yb}=1.666$; $K_{As}=0.904$; $K_{Se}=0.912$. На основе полученной экспериментальной интенсивности по формуле (1) была рассчитана и построена КРПА (рис.3).

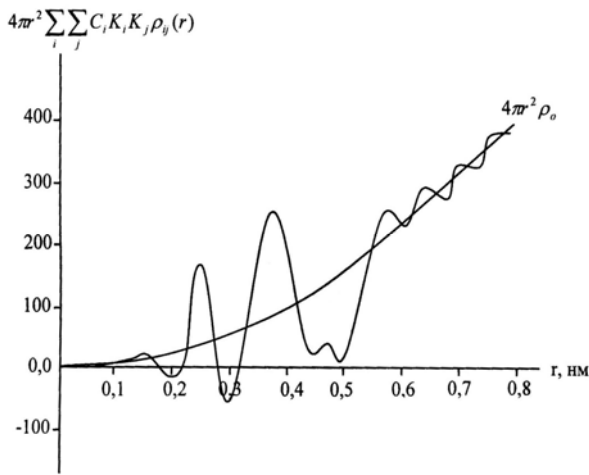


Рис.3. Кривая радиального распределения атомов для $Yb_{1-x}Sm_xAs_4Se_7$.

Из КРПА были определены радиусы 1–ой и 2–ой координационных сфер, которые равны 0.245 нм и 0.365 нм, соответственно. Уменьшение радиусов координационных сфер в $Yb_{1-x}Sm_xAs_4Se_7$ по сравнению с аморфным $YbAs_4Se_7$ связано, по-видимому, с влиянием примесей атомов Sm [2]. Первый координационный максимум на КРПА аморфного $Yb_{1-x}Sm_xAs_4Se_7$ отражает расстояние As – Se, а атомы мышьяка и селена, связаны

между собой ковалентной связью. Это следует из того, что сумма ковалентных радиусов мышьяка и селена, равна $r_{As}^{ков} + r_{Se}^{ков} = 0.121 \text{ нм} + 0.117 \text{ нм} = 0.238 \text{ нм}$, что близко к значению радиуса первой координационной сферы ($r_1=0.245 \text{ нм}$). Ионы Yb^{2+} в структуре аморфного $Yb_{1-x}Sm_xAs_4Se_7$ находятся во второй координационной сфере атомов мышьяка и являются ближайшими соседями атомов селена. Об этом свидетельствует сумма радиусов первой координационной сферы и иона Yb^{2+} ($r_1 + r_{Yb} = 0.245 + 0.107 = 0.352 \text{ нм}$), что близко к значению радиуса второй координационной сферы ($r_2=0.365 \text{ нм}$). Парциальные координационные числа определялись, исходя из формулы:

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 c_i k_i k_j n_{ij} = Q_1 \quad (4)$$

где, n_{ij} – число атомов сорта “ j ” вокруг одного атома сорта “ i ” ($i = 1 \div 3, j = 1 \div 3, c, k, i$ и j – описаны выше). Индексами “1” обозначены атомы Yb, “2” – As, “3” – Se.

Из площади под первым и вторым координационными максимумами на КРПА аморфного $Yb_{1-x}Sm_xAs_4Se_7$ определены парциальные координационные числа в первой и во второй координационной сфере атомов мышьяка в аморфном $Yb_{1-x}Sm_xAs_4Se_7$: $n_{12} = 0, n_{13} = 3, n_{21} = 0, n_{23} = 3, n_{31} = 1, n_{32} = 3, n_{11} = n_{22} = n_{33} = 0$. Согласно найденному набору, около иона Yb^{2+} находятся 3 атома селена, других атомов около атомов Yb нет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что полученные пленки при вакуумном осаждении монокристаллического $Yb_{1-x}Sm_xAs_4Se_7$ на подложки NaCl, KCl и на аморфный целлулоид, находящиеся при комнатной температуре – аморфны. Определены параметры ближнего порядка в аморфных пленках $Yb_{1-x}Sm_xAs_4Se_7$. Показано, что примеси атомов Sm влияют на значения радиусов координационных сфер $YbAs_4Se_7$.

[1]. А.Ф. Скрышевский Структурный анализ жидкостей и аморфных тел. М.: Высшая школа, 1980. С. 328.

[2]. E.G. Efendiyev and E.Sh. Hajiyev Structure parameters of new amorphous semiconductor films of Yb-As-S(Se,Te) systems// XXV International conf. on Physics of Semicond. Osaka. Japan. Sept. 2000.