

Марченко А.В.¹, Серегин П.П.¹, Петрушин Ю.А.²¹доктор физ.-мат. наук, профессор РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, РФ²аспирант РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, РФ

Разработка новых материалов, соответствующих высокой плотности и миниатюризации запоминающих устройств, требует понимание деталей их наноструктуры как в кристаллическом, так и в аморфном состояниях. При этом необходимо использование экспериментальных методов, чувствительных к незначительным изменениям электронной структуры атомов во время фазового перехода из аморфного в кристаллическое состояние. В частности, эффективным инструментом обнаружения таких изменений в локальном окружении атомов и их электронной структуры при аморфизации сплава $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$, широко используемого в нанотехнологиях, является мессбауэровская спектроскопия (МС).

Именно поэтому в настоящей работе проведено исследование наноструктуры ближнего атомов германия в аморфных пленках сплава $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ с использованием МС на атомах ^{73}Ge .

Соединение $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ синтезировалось из элементарных веществ в вакуумированных до 10^{-3} мм рт.ст. кварцевых ампулах при 1050°C . При синтезе использовался изотоп ^{73}Ge с обогащением $\sim 70\%$. Рентгеноаморфные пленки $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ толщиной $20\text{ }\mu\text{m}$ были получены методом магнетронного распыления синтезированных поликристаллических образцов на постоянном токе в атмосфере азота на подложки из алюминиевой фольги. Затем пленки отжигали в интервале температур $150 - 200^\circ\text{C}$ для получения поликристаллических образцов. Мессбауэровские спектры измерялись на спектрометре CM 4201 TerLab при 295 K .

В эксперименте оказалось возможным в выбранном диапазоне доплеровских скоростей зарегистрировать только спектр аморфного поглотителя с изомерным сдвигом $-95(15)\text{ мкм/с}$ относительно источника $\text{Ge}:^{73}\text{As}$. Тот факт, что с источником $\text{Ge}:^{73}\text{As}$ регистрируется только спектр аморфного поглотителя, свидетельствует о близости электронных структур атомов ^{73}Ge в монокристаллическом германии (атомы имеют тетраэдрическую систему химических связей) и в аморфном сплаве $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$.

Это подтверждает вывод, сделанный ранее нами на основе данных МС на примесных атомах ^{119}Sn о стабилизации атомов германия в аморфном сплаве $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ в тетраэдрической координации [A.V. Marchenko, E.I. Terukov, P. P. Seregin. *Technical Physics*, 68 (Suppl. I) 88–

95 (2023)]. Он подтверждает также вывод о существенном отличии ближайшего окружения и, следовательно, электронных структур атомов Ge в кристаллических и аморфных пленках $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$.

Мы установили корреляционные соотношения между изомерными сдвигами мессбауэровских изотопов ^{73}Ge и ^{119}Sn :

$$IS_{\text{Ge}} (\mu\text{m/s}) = 2309 \times IS_{\text{Sn}} (\text{mm/s}) + 43,3 \quad (1)$$

$$IS_{\text{Ge}} (\mu\text{m/s}) = -2583 \times IS_{\text{Sn}} (\text{mm/s}) - 152,4 \quad (2)$$

здесь IS_{Ge} изомерный сдвиг спектра ^{73}Ge (относительно кристаллического Ge), IS_{Sn} - изомерный сдвиг ^{119}Sn (относительно $\alpha\text{-Sn}$) IS_{Sn} в матрицах кремния, германия и меди. Оба соотношения (1) или (2) при подстановке в них значения изомерного сдвига мессбауэровского спектра ^{119}Sn для поликристаллической пленки $IS_{\text{Sn}} = 1.5 \text{ mm/s}$ дают одинаковое по абсолютной величине значение изомерного сдвига мессбауэровского спектра ^{73}Ge для этой пленки $IS_{\text{Ge}} \sim 3.6 \text{ mm/s}$, что подтверждает сделанный выше вывод о стабилизации атомов германия в аморфном сплаве $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ в тетраэдрической координации.