

УДК 543.42; 535.21

А.Б. Кондрат, Н.И. Попович, В.М. Мица, Н.Д. Савченко

Ужгородский национальный университет, 88000, Ужгород, ул. Волошина, 54

e-mail: [moshenec@rambler.ru](mailto:moshenec@rambler.ru)

## ОБЛАСТЬ СТРУКТУРНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ В СТЕКЛАХ (GeS<sub>2</sub>)<sub>x</sub>(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>1-x</sub>

Представлены результаты экспериментального и теоретического исследования механических параметров стекол (GeS<sub>2</sub>)<sub>x</sub>(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>1-x</sub> ( $x = 0 - 0.8$ ), а именно модуля упругости, модуля Юнга, адиабатической сжимаемости, коэффициента Пуассона, параметра относительного смещения ( $\xi$ ), термодинамического ( $\gamma_{th}$ ) и акустического ( $\gamma_a$ ) коэффициентов Грюнейзена, а также области структурной корреляции ( $L$ ). Упругие свойства определялись путем измерения продольной и поперечной составляющих скорости распространения ультразвука в стеклах. Радиус структурной корреляции ( $L$ ) был рассчитан по данным Раман-спектроскопического исследования стекол для  $x = 0 - 1.0$ . Установлено, что упругие постоянные имеют минимальное значение для стекол GeS<sub>2</sub> и изменяются с увеличением концентрации дисульфида германия в пределах  $6.3 \div 8.3$  ГПа для модуля сдвига,  $16.7 \div 21.1$  ГПа для модуля Юнга и  $79 \div 95$  ГПа для адиабатической сжимаемости, в то время как коэффициент Пуассона уменьшается с ростом  $x$  от 0.28 до 0.17. Параметры  $\xi$ ,  $\gamma_{th}$  и  $\gamma_a$  также имеют тенденцию к уменьшению с возрастанием  $x$  в пределах  $0.48 \div 0.31$ ,  $0.55 \div 0.05$  и  $2.6 \div 1.5$  соответственно. Размер области структурной корреляции увеличивается с увеличением концентрации GeS<sub>2</sub> от 1.4 до 1.7 нм.

**Ключевые слова:** халькогенидные стекла, модуль упругости, модуль Юнга, адиабатическая сжимаемость, коэффициент Пуассона, параметр относительного смещения, термодинамический и акустический коэффициент Грюнейзена, область структурной корреляции.

### 1. Введение

Аморфные халькогениды – это класс неупорядоченных полупроводниковых материалов, полученных комбинацией одного или более элементов халькогена (как правило, S, Se, Te) с другими химическими элементами (As, Ge, Sb). Такие материалы являются перспективными для использования в нано- и оптоэлектронике благодаря своим структурным, электронным и оптическим свойствам в широком спектральном диапазоне [1]. С момента открытия аморфных халькогенидов они нашли широкое применение в инфракрасной (ИК) оптике благодаря высокой оптической прозрачности. Кроме того, халькогенидные полупроводники широко используются как активные и пассивные среды в опто-, микро- и наноэлектронике благодаря их специфическим оптическим, механическим и электрическим свойствам. Для исследования структуры и свойств некристаллических халькогенидов были использованы многочисленные экспери-

ментальные методы, в частности традиционные дифракционные методы, методы неупругого и комбинационного рассеяния [2]. Одновременно для интерпретации экспериментальных результатов применяется моделирование структуры и свойств материалов [3].

В настоящей работе представлены результаты экспериментального и теоретического исследования механических параметров стекол (GeS<sub>2</sub>)<sub>x</sub>(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>1-x</sub> ( $x = 0 - 0.8$ ), а именно модуля упругости, модуля Юнга, адиабатической сжимаемости, коэффициента Пуассона, параметра относительного смещения ( $\xi$ ), термодинамического ( $\gamma_{th}$ ) и акустического ( $\gamma_a$ ) коэффициентов Грюнейзена, а также области структурной корреляции ( $L$ ).

### 2. Методика эксперимента

Образцы халькогенидных стекол (GeS<sub>2</sub>)<sub>x</sub>(As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)<sub>1-x</sub> ( $x = 0 - 1.0$ ) изготавливались плавлением смеси чистых As, Se и Ge (99.999 %) в откачанных до  $10^{-2}$  Па

кварцевых ампулах с последующей закалкой в воде. Плотность стекла измерялась измерителем плотности с относительной погрешностью меньше, чем 0.1 %.

Модуль сдвига ( $G = \rho v_{tr}^2$ ), модуль Юнга ( $E = 2G(1 + \nu)$ ), коэффициент Пуассона ( $\nu = 0.5 \{1 - [v_{tr}^2 / (v_l^2 - v_{tr}^2)]\}$ ) и адиабатическая сжимаемость ( $\chi = 3(1 - 2\nu)/E$ ) определялись по результатам измерений плотности  $\rho$ , а также поперечной  $v_{tr}$  и продольной  $v_l$  скорости ультразвуковой волны в образцах [4].

### 3. Методика расчета

Упругие свойства исследуемых стекол рассчитаны в терминах теории ковалентной связи на основании работы Харрисона (W. A. Harrison) [5]. Им получены следующие уравнения для упругих модулей:

$$G = (c_{11} - c_{12}) / 2 = 0.338V_2\alpha_c^3 / d^3, \quad (1)$$

где  $V_2$  – матричный элемент, характеризующий ковалентную энергию;  $\alpha_c$  – ковалентность,  $d$  – межатомное расстояние. Матричный элемент  $V_2$  для  $\text{GeS}_2$  и  $\text{As}_2\text{S}_3$  получен в следующем виде [6]:

$$V_2 = (-\eta_{ss\sigma} + 2\sqrt{3}\eta_{sp\sigma} + 3\eta_{pp\sigma})\hbar^2 / 4md^2 = 3.22\hbar^2 / md^2, \quad (2)$$

$$V_2 = (2\sqrt{3}\eta_{sp\sigma} + 3\eta_{pp\sigma})\hbar^2 / 4md^2 = 2.89\hbar^2 / md^2, \quad (3)$$

где  $\eta_{sp\sigma} = 1.42$ ;  $\eta_{pp\sigma} = 2.22$ ;  $\eta_{ss\sigma} = -1.32$  – универсальные коэффициенты, определяющие матричные элементы межатомного взаимодействия между p- и s-состояниями.

Ковалентность определялась с учетом энергии металлической связи как

$$\alpha_c = V_2 / \sqrt{1.5(V_{1-}^2 + V_{1+}^2) + 0.25nV_2^2 + V_3^2}, \quad (4)$$

где  $n$  – количество ближайших соседей центрального атома в структурной едини-

це. Матричные элементы  $V_{1\pm} = (\epsilon_p - \epsilon_s)/4$  и  $V_3 = (\epsilon_{p+} - \epsilon_{p-})/2$  характеризуют энергию металлической связи и полярную энергию ( $\epsilon_p$  и  $\epsilon_s$  – атомные термы, определенные в приближении Хартри-Фока [6, 7]).

С использованием уравнения (4) получено величину объемного модуля

$$B = (c_{11} + 2c_{12}) / 3 = 2\sqrt{3}V_2\alpha_c^3 / 3d^3, \quad (5)$$

модуля сдвига

$$G = (c_{11} - c_{12}) / 2 = \sqrt{3}\lambda V_2\alpha_c^3 / 2d^3 \quad (6)$$

и коэффициента Пуассона

$$\nu = (2 - \lambda) / (4 + \lambda), \quad (7)$$

где  $\lambda = 0.854$  для тетрагональной связи  $\text{GeS}_2$  [7] и  $\lambda = 0.663$  для мягкой связи  $\text{As}_2\text{S}_3$ .

Энергия связи равна

$$\Delta E_b = BV (n / m_b), \quad (8)$$

$V$  – молярный объем,  $n$  – количество атомов,  $m_b$  – количество связей.

Область структурной корреляции определялась соотношением

$$L = (0.1668 / \Delta\sigma_{b\text{exp}}) \sqrt{E_{\text{calc}} / p_{\text{exp}}}; \quad (9)$$

а параметр относительного смещения соотношением

$$\xi = (C_0 - 4C_1) / (C_0 + 8C_1), \quad (10)$$

где  $C_0$ ,  $C_1$  – силовые константы, равные соответственно

$$C_1 = 2\lambda V_2^h (\alpha_c^h)^3 / 3, \quad (11)$$

$$C_0 = (3a^3 / 16)(c_{11} + 2c_{12}). \quad (12)$$

Термодинамический и акустический коэффициенты Грюнейзена определялись соотношениями

$$\gamma_{th} = 1.5[(1 - 1.25V_1^2/V_1^2)/(1 - 2.25V_1^2/V_1^2)], \quad (13)$$

$$\gamma_a = 1.5 - 2p^2. \quad (14)$$

#### 4. Результаты и их обсуждение

В таблице 1 приведены плотность ( $\rho$ ), скорости распространения поперечной ( $v_{tr}$ ) и продольной ( $v_l$ ) ультразвуковых волн, а также механические параметры (модуль сдвига  $G$ , коэффициент Пуассона  $\nu$ , модуль Юнга  $E$ ) стекол  $(GeS_2)_x(As_2S_3)_{1-x}$  различного состава. Из таблицы видно, что модуль сдвига и модуль Юнга имеют тенденцию к увеличению, а коэффициент Пуассона – к уменьшению при переходе от состава  $As_2S_3$  ( $x=0$ ) к  $GeS_2$  ( $x=1$ ). Такое поведение механических констант объясняется изменениями в структуре ближнего порядка исследуемого стекла. При таком изменении состава имеет место постепенный переход от тригональной атомной координации атомов к тетраэдрической.

Расчитанная зависимость модуля сдвига от межатомного расстояния (рис. 1) указывает на увеличение упругости стекла с ростом степени гибридизации атомных орбиталей. В стеклах  $GeS_2$  коэффициент  $\eta = 3.22$  (уравнение 2) связан с  $sp^3$ -гибридизацией, в то время как для стекол  $As_2S_3$  коэффициент  $\eta = 2.89$  (уравнение 3) указывает на уменьшение степени связности атомных орбиталей.

Выбор величины межатомного расстояния является очень важным для расчетов. На рис. 1 отмечены значения, соответствующие межатомному расстоянию в кристаллах (символ «x»), полученные разными авторами. Если межатомным расстоянием будем считать среднее значение экспериментально определенных межатомных расстояний в стеклах  $GeS_2$  и  $As_2S_3$ , то получим несколько двусмысленный результат. Точки a, b, c, d на рис. 1 показывают экспериментальные величины межатомного расстояния для стекла  $GeS_2$ ,

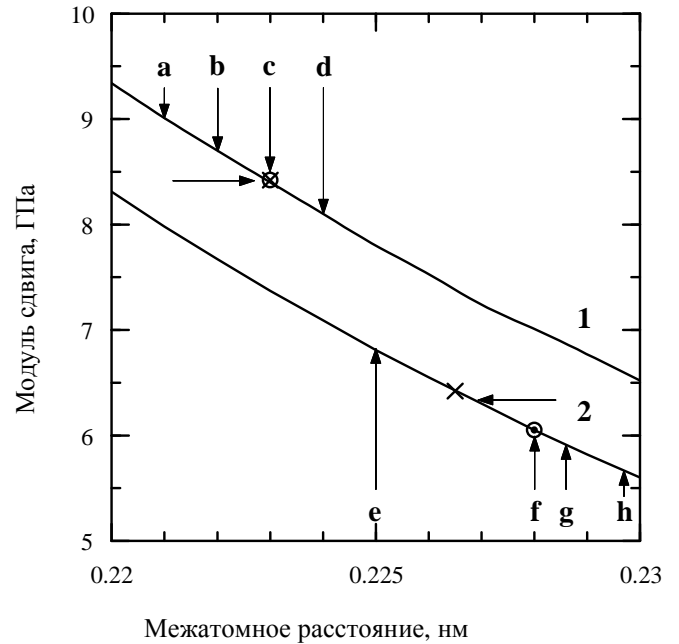


Рис. 1. Зависимость модуля сдвига (в ГПа) стекол  $GeS_2$  (1) и  $As_2S_3$  (2) от межатомного расстояния (в нм). Стрелками показаны величины межатомного расстояния, полученные экспериментально разными авторами: a, b, c, d – для стекла  $GeS_2$  авторами [8, 9, 10, 11] соответственно; e, f, g, h – для стекла  $As_2S_3$  авторами [12, 13, 14, 15] соответственно.

полученные разными авторами. Величина межатомного расстояния  $d_a = 0.221$  нм получена методом дифракции нейтронов [8], значения  $d_b = 0.222$  нм и  $d_d = 0.224$  нм определены методом EXAFS [9, 11], межатомное расстояние  $d_c = 0.223$  нм – методом дифракции рентгеновских лучей (XRD) [10]. Для расчетов упругих постоянных стекла  $GeS_2$  в качестве межатомного расстояния нами использовалось значение 0.223 нм. Буквами e, f, g, h на рис. 1 показаны межатомные расстояния для стекол  $As_2S_3$ , определенные экспериментально методом EXAFS:  $d_e = 0.225$  нм [12],  $d_f = 0.228$  нм [13],  $d_g = 0.2286$  нм [14],  $d_h = 0.2297$  нм [15]. Нами для расчетов в качестве межатомного расстояния для стекла  $As_2S_3$  взята величина 0.228 нм. Пустыми кружечками на рисунке показаны расчитанные значения модуля сдвига; горизонтальными черточками показаны экспериментальные значения модуля сдвига.

**Концентрационная зависимость продольной ( $v_l$ ) и поперечной ( $v_{tr}$ ) скоростей ультразвука, плотности ( $\rho$ ), модуля сдвига ( $G$ ), коэффициента Пуассона ( $\nu$ ) и модуля Юнга ( $E$ ) для стекол семейства  $(GeS_2)_x(As_2S_3)_{1-x}$**

x	Концентрация, %			$v_l$ , м/с	$v_{tr}$ , м/с	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	G, ГПа	$\nu$	E, ГПа
	As	Ge	S						
0	40.0	0	60.0	2570	1410	3190	6.34	0.285	16.3
0.1	36.0	3.3	60.7	2610	1430	3170	6.48	0.286	16.7
0.2	32.0	6.7	61.3	2620	1450	3150	6.62	0.275	16.9
0.3	28.0	10.0	62.0	2640	1480	3060	6.70	0.271	17.0
0.4	24.0	13.3	62.7	2650	1530	3030	7.00	0.236	17.7
0.5	20.0	16.7	63.3	2670	1570	3000	7.39	0.238	18.3
0.6	16.0	20.0	64.0	2710	1600	2980	7.63	0.232	18.8
0.7	12.0	23.3	64.7	2730	1650	2920	7.95	0.212	19.3
0.8	8.0	26.7	65.3	2740	1720	2820	8.34	0.175	19.6
1.0	0	33.3	66.7	2990	1749	2780	8.50	0.240	21.1

Экспериментальные и теоретические зависимости от состава значений модуля сдвига, коэффициента Пуассона, модуля Юнга и адиабатической сжимаемости приведены на рис. 2. На рисунке пустыми кружечками показаны экспериментальные значения, крестики обозначают величины, рассчитанные исходя из значений продольной и поперечной скоростей ультразвука, взятых из [16] и плотности, значения которой приведены в таблице.

Как видим, теоретически рассчитанные и экспериментальные значения хорошо согласуются.

Значения модуля сдвига  $G = 6.30$  ГПа и коэффициента Пуассона  $\nu = 0.285$ , полученные для стекол  $As_2S_3$ , хорошо согласуются с результатами разных авторов (например,  $G = 5.7 \div 6.3$  ГПа,  $\nu = 0.290 \div 0.307$  [17]). Для стекла  $GeS_2$  в отличие от значений, полученных авторами [18] ( $G = 6.06$  ГПа,  $\nu = 0.280$ ),

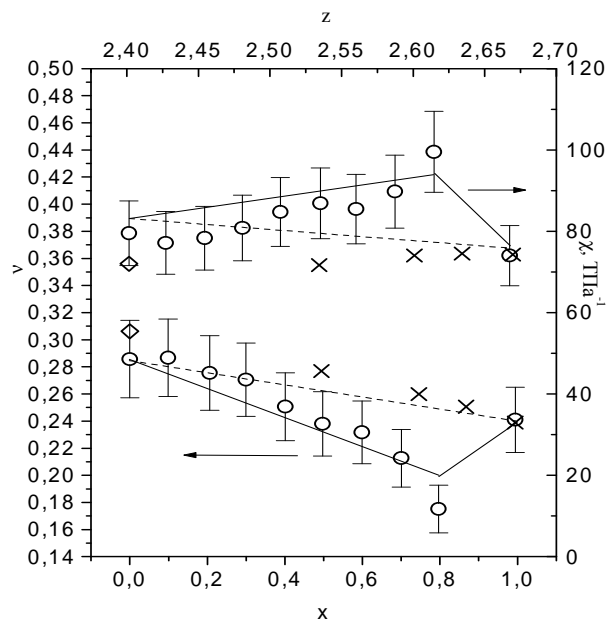
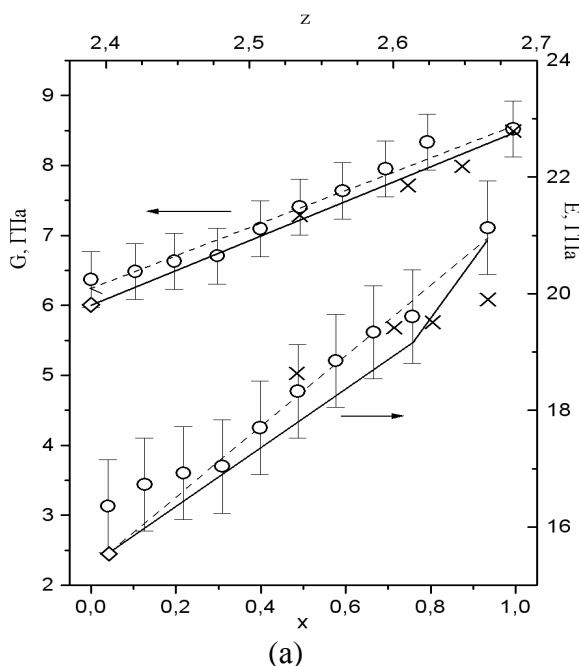
рассчитанные нами значения составляют  $G = 8.50$  ГПа и  $\nu = 0.240$ . Линейная зависимость механических параметров стекол  $(\text{GeS}_2)_x(\text{As}_2\text{S}_3)_{1-x}$  от концентрации  $\text{GeS}_2$  согласуется с результатами рамановской спектроскопии [19].

На рисунках 3 и 4 показаны экспериментальные и теоретические зависимости от состава следующих величин: энергии связи и параметра относительного смещения (рис. 3), область структурной корреляции  $L$  (рис. 4,а), а также термодинамический и акустический коэффициенты Грюнейзена (рис. 4,б) для стекол системы  $\text{GeS}_2)_x(\text{As}_2\text{S}_3)_{1-x}$ . Здесь точками указаны экспериментальные результаты, сплошной линией – теоретические зависимости. Как видим, теоретические и экспериментальные результаты хорошо согласуются.

### 5. Заключение

Применением усовершенствованного метода вычисления для разупорядоченных полупроводников определено количество смежных атомов серы в структурных единицах  $\text{GeS}_2$  ( $n = 4$ ) и  $\text{As}_2\text{S}_3$  ( $n = 3$ ).

С использованием термов теории ковалентной связи было получено количественное согласование между экспериментальными и теоретическими величинами упругих постоянных исследуемых стекол.



(б)

Рис. 2. Зависимость от состава модуля сдвига  $G$  (ГПа), модуля Юнга  $E$  (ГПа) (а), коэффициента Пуассона  $\nu$  и адиабатической сжимаемости  $\chi$  ( $\text{TPa}^{-1}$ ) (б) для стекол системы  $(\text{GeS}_2)_x(\text{As}_2\text{S}_3)_{1-x}$ . Линиями показаны теоретические зависимости.

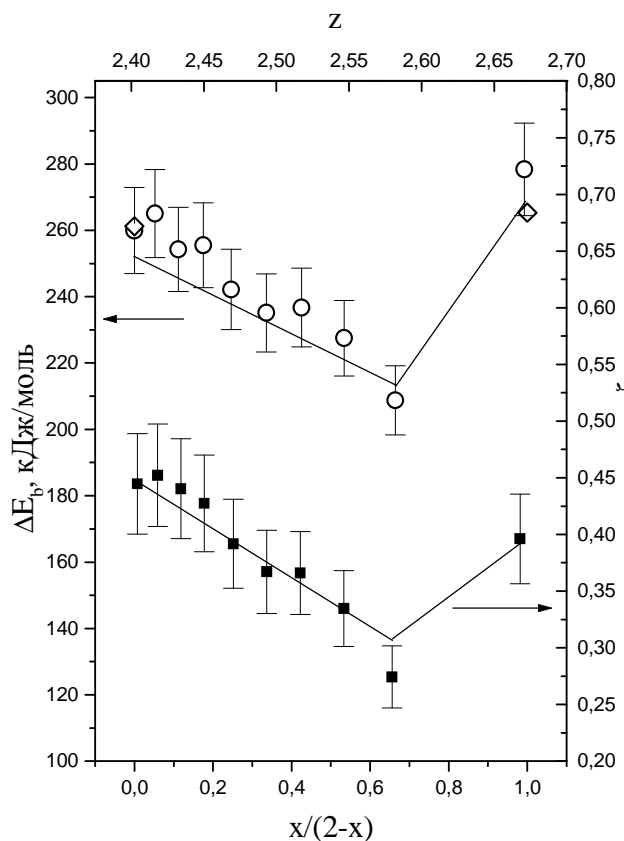


Рис. 3. Зависимости от состава энергии связи  $\Delta E$  (кДж/моль) и параметра относительного смещения  $\xi$  для стекол системы  $(\text{GeS}_2)_x(\text{As}_2\text{S}_3)_{1-x}$ . Сплошной линией показаны теоретические зависимости.

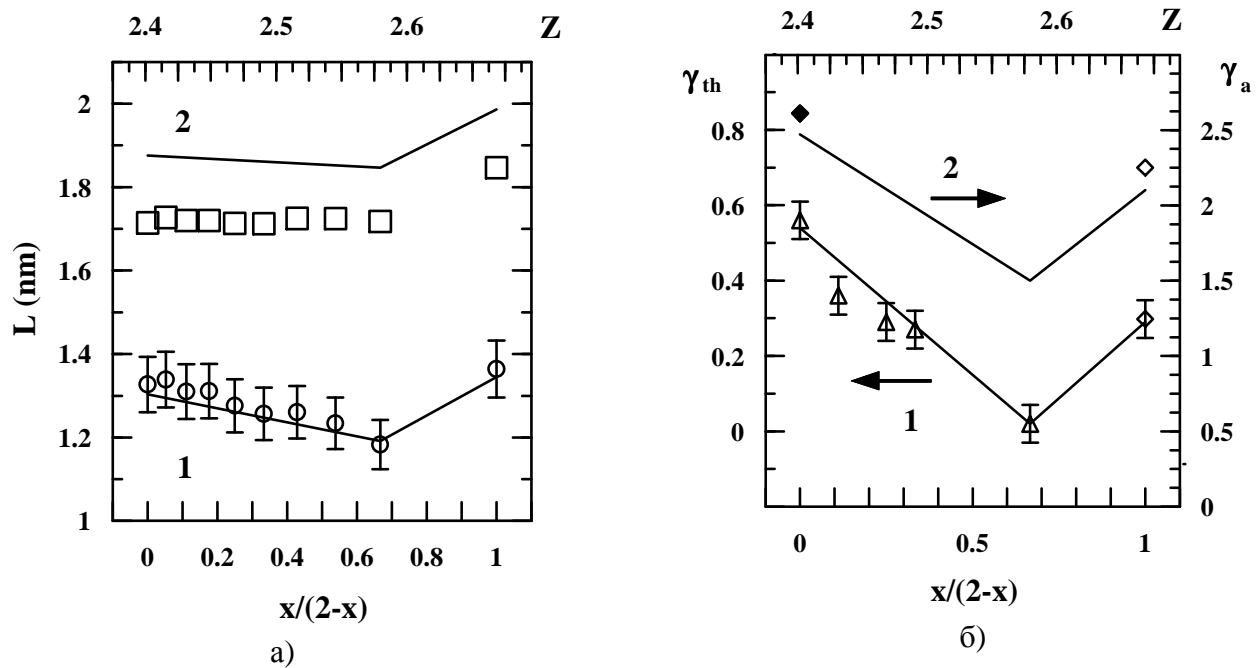


Рис. 4. Зависимости от состава области структурной корреляции  $L$  (в нм) (а), термодинамического и акустического коэффициентов Грюнейзена (б) для стекол системы  $\text{GeS}_2\text{-}_x(\text{As}_2\text{S}_3)_{1-x}$ . Сплошной линией показаны теоретические зависимости.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андриеш А.М. Халькогенидные стёкла в оптоэлектронике // Физика и техника полупроводников. – 1998. – Т.32. – № 8. – С. 970-975.
2. Holomb R., Mitsa V., Johansson P., Veres M. Boson peak in low-frequency Raman spectra of  $\text{As}_x\text{S}_{100-x}$  glasses: nanocluster contribution // Phys. Status Solidi C. – 2010. – 7. - 3-4. – P. 885-888.
3. Kondrat O., Popovich N., Holomb R., Mitsa V., Petrachenkov O., Ко́с М., Veres M. Ab initio calculations and the effect of atomic substitution in the Raman spectra of  $\text{As}(\text{Sb},\text{Bi})_2\text{S}_3$  films // Phys. Status Solidi C. – 2010. – 7. - 3-4. – P. 893-896.
4. Фельц А. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела: пер. с нем. – М.: Мир, 1986. – 558 с.
5. Harrison W.A. Interatomic interactions covalent and ionic solids // Phys.Rev. B. – 1990. – 41. – P. 6008-6019.
6. Harrison W.A. New tight-binding parameters for covalent solids obtained using Louie peripheral states // Phys. Rev. B. – 1981. – 24. – P. 5835-5843.
7. Harrison W.A. Elementary Electronic Structure. – New Jersey, London, Singapore, Shanghai, Hong Kong, Taipei, Chennai: World Scientific Publishing Co., 2004. – 838 p.
8. Petri L., Salmon P.S. A neutron diffraction study of glassy  $\text{GeS}_2$  // J. of Non – Cryst. Solids. – 2001. – V. 293-295. – № 1. – P. 169-174.
9. Armand P., Ibanez A., Dexpert H. and Philippot E. Short and medium range order in germanium sulfide glasses: a low temperature X-ray absorption spectroscopy study // J. Non-Cryst. Sol. 1992. – 139. – P. 137-145.
10. Feltz A., Pohle M., Steil H. and Herms G. Glass formation and properties of chalcogenide systems XXXI. RDF studies on the structure of vitreous  $\text{GeS}_2$  and  $\text{GeSe}_2$  // J. Non-Cryst. Sol. – 1985. – 69. – P. 271-282.
11. Červinka L., Bergerová J. and Tichý L. X-ray analysis of the structure of Ge-Bi-S glasses // J. of Non-Cryst. Sol. – 1995. – 192 & 193. – P. 45-48.

12. Yang C.Y., Paesler M.A. and Sayers D.E. Determination of bond strengths of arsenic and arsenic chalcogen compounds using the temperature dependence of extended x-ray-absorption fine structure // Phys. Rev. B. – 1987. – 36(2). – P. 980-988.
13. Červinka L., Hrubý A. Structure of amorphous and glassy  $Sb_2S_3$  and its connection with the structure of  $As_2X_3$  arsenic chalcogenide glasses // J. Non-Cryst. Sol. – 1982. – 48. – P. 231-264.
14. Durand J.M., Lippens P.E., Oliver-Fourcade J. and Jumac J.C. A structural study of glasses in the  $As_2S_3$ ,  $Sb_2S_3$ ,  $Tl_2S$  system // J. Non-Cryst. Sol. – 1995. – 192&193. – P. 364-368.
15. El Idrissi M.A., Raghni R., Lippens P.E., Oliver-Fourcade J. and Jumac J.C. J. Non-Cryst. Sol. 192&193, 191 (1995).
16. Nemanich R.J. Low-frequency inelastic light scattering from chalcogenide glasses and alloys // Phys. Rev. B. – 1977. – 16(4). – P. 1655-1674 (1977).
17. Brassington M.P., Miller A.J. and Saunders G.A. Higher order elasticity of amorphous  $As_2S_3$  // Phil. Mag. – 1981. – 43(6). – P. 1049-1063.
18. Ota R. and Kunugi M. J. Temperature and pressure dependence of the elastic property of  $GeS_2$  glass // J. Phys. Chem. Solids. 38, 9 (1977).
19. Lucovsky G., Nemanich R.J., Solin S.A. and Keezer R.C. Coordination Dependent Vibrational Properties of Amorphous Semiconductor Alloys // Solid State Comm. – 1975. – 17. – P. 1567.

Стаття надійшла до редакції 14.02.2012

О.Б. Кондрат, Н.І. Попович, В.М. Міца, М.Д. Савченко

Ужгородський національний університет, 88000, Ужгород, вул. Волошина, 54

e-mail: [moshenec@rambler.ru](mailto:moshenec@rambler.ru)

## ОБЛАСТЬ СТРУКТУРНОЇ КОРЕЛЯЦІЇ В СТЕКЛАХ $(GeS_2)_x(As_2S_3)_{1-x}$

Представлені результати експериментального і теоретичного дослідження механічних параметрів стекол  $(GeS_2)_x(As_2S_3)_{1-x}$  ( $x = 0 - 0.8$ ), а саме модуля пружності, модуля Юнга, адиабатичного стиску, коефіцієнту Пуассона, параметра відносного зміщення ( $\xi$ ), термодинамічного ( $\gamma_{th}$ ) й акустичного ( $\gamma_a$ ) коефіцієнтів Грюнейзена, а також області структурної кореляції ( $L$ ). Пружні властивості визначалися шляхом вимірювання поздовжньої і поперечної складових швидкості поширення ультразвуку в стеклах. Радіус структурної кореляції ( $L$ ) розраховувався за даними Раман-спектроскопічного дослідження стекол для  $x = 0 - 1.0$ . Встановлено, що пружні сталі мають мінімальне значення для стекол  $GeS_2$  і змінюються із збільшенням концентрації дисульфиду германію в межах  $6.3 \div 8.3$  ГПа для модуля зсуву,  $16.7 \div 21.1$  ГПа для модуля Юнга та  $79 \div 95$  ГПа для адиабатичного стиску, тоді як коефіцієнт Пуассона зменшується при збільшенні  $x$  від 0.28 до 0.17. Параметри  $\xi$ ,  $\gamma_{th}$  і  $\gamma_a$  також мають тенденцію до зменшення із зростанням  $x$  в межах  $0.48 \div 0.31$ ,  $0.55 \div 0.05$  і  $2.6 \div 1.5$  відповідно. Розмір області структурної кореляції збільшується із збільшенням концентрації  $GeS_2$  від 1.4 до 1.7 нм.

**Ключові слова:** халькогенідні стекла, модуль пружності, модуль Юнга, адиабатичний стиск, коефіцієнт Пуассона, параметр відносного зміщення, термодинамічний й акустичний коефіцієнт Грюнейзена, область структурної кореляції.

O.B. Kondrat, N.I. Popovich, V.M. Mitsa, N.D. Savchenko

Uzhhorod National University

88000, Uzhhorod, Voloshina Str., 54, Ukraine

e-mail: [moshenec@rambler.ru](mailto:moshenec@rambler.ru)

## STRUCTURAL CORRELATION RANGE IN ( $\text{GeS}_2$ )<sub>x</sub>( $\text{As}_2\text{S}_3$ )<sub>1-x</sub> GLASSES

In this work, experimental and calculated values for shear modulus, Young's modulus, adiabatic compressibility, Poisson's ratio, relative displacements parameter ( $\xi$ ), thermodynamic ( $\gamma_{th}$ ) and acoustic ( $\gamma_a$ ) Grüneisen's parameters, and structural correlation range ( $L$ ) for ( $\text{GeS}_2$ )<sub>x</sub>( $\text{As}_2\text{S}_3$ )<sub>1-x</sub> ( $x = 0 - 0.8$ ) glasses have been presented. We have determined the elastic properties by the measurement of the velocities of longitudinal and shear ultrasonic waves. The value of structural correlation radius ( $L$ ) was calculated from Raman spectroscopy data for the glasses with  $x = 0 - 1.0$ . The elastic constants have been found to increase with  $\text{GeS}_2$  concentration in the range of  $6.3 \div 8.3$  GPa for the shear modulus,  $16.7 \div 21.1$  GPa for the Young's modulus, and  $79 \div 95$  GPa for the adiabatic compressibility, when the value of the Poisson's ratio has been found to decrease with  $x$  from 0.28 to 0.17. The values of  $\xi$ ,  $\gamma_{th}$ , and  $\gamma_a$  parameters for the glasses under investigation also tend to decrease with  $x$  in the range of  $0.48 \div 0.31$ ,  $0.55 \div 0.05$ , and  $2.6 \div 1.5$ , respectively. The value of structural correlation range increases with  $\text{GeS}_2$  concentration from 1.4 nm to 1.7 nm.

**Key words:** chalcogenide glasses, shear modulus, Young's modulus, adiabatic compressibility, Poisson's ratio, relative displacements parameter, thermodynamic and acoustic Grüneisen's parameters, structural correlation range.