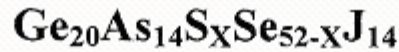


ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СТЕКОЛ РОЗРІЗУ



І.Й.Росола

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

Досліджено концентраційні залежності краю власного поглинання, його температурної залежності, дисперсії показника заломлення n , температурного приросту показника заломлення $\Delta n/\Delta T$ та коефіцієнта лінійного температурного розширення стекол розрізу $\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{S}_x\text{Se}_{52-x}\text{J}_{14}$.

Склоподібні сплави системи Ge-As-S-Se-J представляють інтерес як оптичні матеріали, які прозорі у видимій і ближній інфрачервоній (ІЧ) областях спектру і володіють підвищеними значеннями коефіцієнта акустооптичної якості [1,2]. Важливу, з практичної точки зору, інформацію можна одержати, досліджуючи дисперсію і температурні залежності показника заломлення, що дозволяє визначати склади стекол з додатними, від'ємними і незмінними температурними приростами n в широкій спектральній області. Можливість одержання таких складів дає змогу узгоджувати різного роду елементи оптичних систем, критерієм чого являється рівність термохвильових аберацій елементів. Аналіз впливу зовнішніх ізотропних факторів (наприклад, температури T і тиску P) показав, що проблема пошуку матеріалу з нульовим значенням коефіцієнту лінійного температурного розширення α_n , проблема пошуку матеріалу з $dE_g/dT=0$ (E_g ширина забороненої зони) і $\Delta n/\Delta T=0$ взаємозв'язані [3].

Дослідження краю власного поглинання стекол вище вказаного розрізу проводили на установці МДР-2. При цьому спектральний інтервал, що виділяється, складав порядку $5 \cdot 10^{-3}$ еВ. Коефіцієнт поглинання α розраховували

по пропусканню T^* і відбивній здатності R^* по формулі [4]:

$$\alpha = \frac{1}{d} \ln \frac{(1-R^*)^2 + \sqrt{(1-R^*)^4 + 4T^{*2}R^{*2}}}{2T^*}, \quad (1)$$

де d – товщина зразка.

Положення і нахил краю оптичного поглинання визначаються структурною розупорядкованістю халькогенідного скла і температурою зразка [5]. Для урбахівського краю:

$$\ln \alpha = \Gamma(T)[h\nu - E_g(T)], \quad (2)$$

де $E_g(T)$ – температурна залежність ширини забороненої зони, $\Gamma(T)$ – величина, яка характеризує нахил експоненціального краю поглинання. Враховуючи незначні залежності $\Gamma(T) = \Gamma_0 + \Gamma_1(T)$ і $E(T) = E_0 + E_1(T)$ від температури [5] і зберігаючи тільки лінійні члени, в [6] одержали:

$$\ln \alpha \approx D_{стр} + D_{фон}(T). \quad (3)$$

Тут

$$D_{стр} = \Gamma_0(h\nu - E_0) - \quad (4)$$

структурна складова при $T=0$ К,

$$D_{фон}(T) = -\Gamma_0 E_1(T) + \Gamma_1(T)[h\nu - E_g(T)] - \quad (5)$$

фононна складова, яка відповідає за температурні зміни (перший доданок) і нахил краю поглинання (другий доданок).

Дослідження краю поглинання стекел системи Ge-As-S-Se-J (рис.1) показали, що найбільший нахил урбахівського краю спостерігається у слоподібному матеріалі $Ge_{20}As_{14}Se_{52}J_{14}$. При заміні селена на сірку відбувається не тільки зміщення, але і зменшення нахилу краю власного поглинання. Аналогічна картина спостерігається і в стеклах As_2X_3 ($X=S, Se$) [5]. Ці зміни відображають, ймовірно, зміни в структурі ближнього порядку досліджуваних склоподібних матеріалів. Із аналізу рис.1 і таблиці слідує, що оптична щільність змінюється нелінійно із зміною складу стекел: при заміні S на Se відбувається трансформація структурних одиниць, які утворюють матрицю скла. Виявлено, що в інтервалі температур 77-300 К можна обмежитися залежністю

$$I(T) = I(77) + aT,$$

де $I(77)$ – нахил урбахівського краю поглинання при 77 К, a – постійна. Проведені температурні дослідження спектрів оптичного поглинання в області краю основної смуги поглинання дали можливість проаналізувати концентраційні зміни dE_g/dT (див. табл.). Одержано, що в досліджуваній області температур $E_g(T)$ носить лінійний характер і зменшується із збільшенням температури.

Показник заломлення вимірювали в області прозорості методом призми в температурному інтервалі 77-400 К [7]. Оскільки використовувався метод нормального падіння променя, то заломлюючий кут призми не перевищував $\arcsin(0,8/n)$ [8]. Точність визначення n була не гірше 0,001.

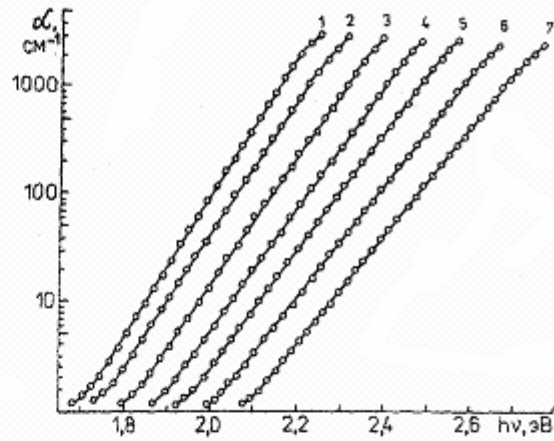


Рис.1 Край оптичного поглинання стекел $Ge_{20}As_{14}S_xSe_{52-x}J_{14}$: 1- $X=0$, 2-8, 3-18, 4-26, 5-34, 6-44, 7-52.

На рис.2 приведені результати дослідження дисперсії n вище вказаних стекел. Із його аналізу слідує, що найбільше значення n на заданій λ спостерігається для складу $Ge_{20}As_{14}Se_{52}J_{14}$. При збільшенні кількості сірки в стеклах вище приведеного розрізу (при фіксованих концентраціях Ge, As і J) показники заломлення відповідних зразків зменшуються. В області прозорості стекел спостерігається нормальний хід дисперсії n , що свідчить про відсутність в цій області спектру смуг поглинання. При зменшенні λ спостерігається різке зростання n , обумовлене початком крайового поглинання.

Температурні залежності n цих зразків в інтервалі $T=77-400$ К приведені на рис.3. Залежність $n(T)$ в загальному випадку може бути записана слідуючим чином [9]:

$$\frac{1}{n^3} \frac{\Delta n}{\Delta T} = \frac{1}{6} \left(\frac{1}{R} \frac{\Delta R}{\Delta T} - 3 \frac{1}{l} \frac{\Delta l}{\Delta T} \right), \quad (7)$$

де R – рефракція, $\Delta l/(l \cdot \Delta T)$ – коефіцієнт лінійного розширення. Перший член в правій частині рівняння (7) характеризує

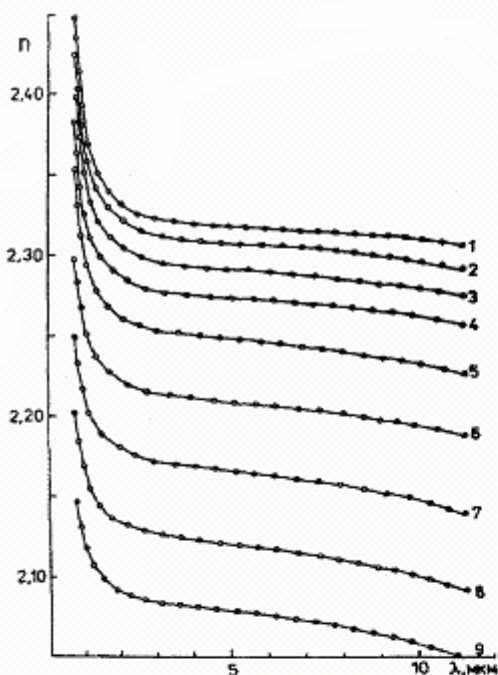


Рис.2 Дисперсія показника заломлення стекол $Ge_{20}As_{14}S_xSe_{52-x}J_{14}$: 1- $X=0$, 2-2, 3-4, 4-8, 5-12, 6-18, 7-26, 8-34, 9-44, 10-52.

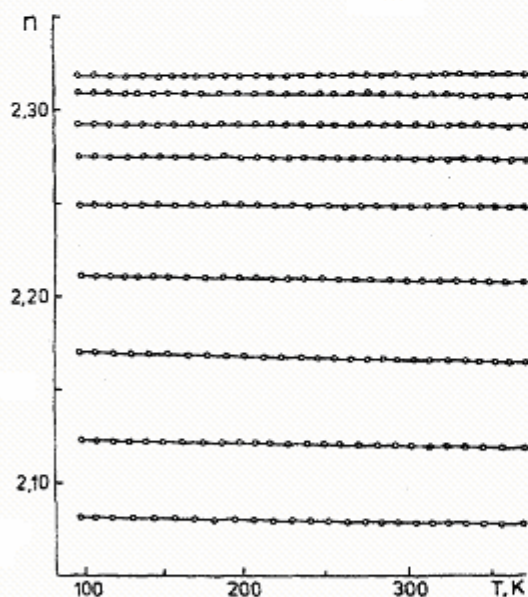


Рис.3 Температурна залежність показника заломлення стекол $Ge_{20}As_{14}S_xSe_{52-x}J_{14}$ ($\lambda = 5$ мкм). Номера кривих відповідають позначенням рис.2.

Дисперсія температурного приросту показника заломлення стекол розгляданого розрізу приведена на рис.4. В короткохвильовій області спектру спостерігається деяке збільшення $\Delta n/\Delta T$.

які входять в скло. Слід відмітити, що значення цього члена для напівпровідникових матеріалів завжди додатне. Другий член – це теплове розширення: з ростом температури матеріал розширюється і стає менш густим. Якщо б діяв тільки цей механізм, то спостерігалася б тенденція одержати $\Delta n/\Delta T$ від'ємним. На відміну від оксидних стекол, для яких перший член в (7) значно більший другого [10], у випадку халькогенідних склоподібних напівпровідників можна одержати матеріали з додатнім, нульовим і від'ємним значеннями $\Delta n/\Delta T$. В нашому випадку при заміні Se на S спостерігається зміна знаку $\Delta n/\Delta T$. Для склоподібного $Ge_{20}As_{14}Se_{44}S_8J_{14}$ в інтервалі температур 77–400 К $\Delta n/\Delta T$ має нульове значення. Згідно (7), ефект зміни поляризованості в досліджуваній області температур компенсується ефектом зміни густини.

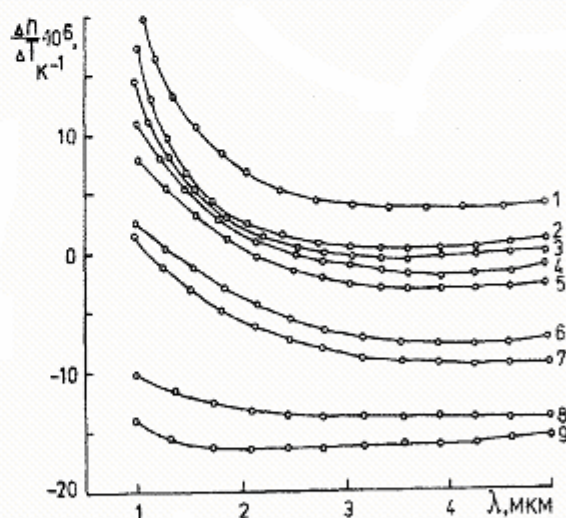


Рис.4 Дисперсія температурного приросту показника заломлення вище вказаних стекол (див. Рис.2)

Це означає, що в $\Delta n/\Delta T=f(\lambda)$ існує переважання ефекту краю поглинання над ефектом зміни густини речовини. Останній – вносить основний вклад при більших довжинах хвиль.

Поскільки температура оптичних деталей у всій масі скла не однакова і не постійна, це приводить до спотворення фронту світлової хвилі і погіршення якості зображення. Таке спотворення одержало назву термохвильової аберації [10,11]. Вплив оптичного матеріалу на спотворення фронту світлової хвилі за рахунок зміни показника заломлення матеріалу і геометричних розмірів оптичних елементів при нерівноважному розподілі в них температури в першому наближенні можна охарактеризувати значеннями другої термооптичної постійної [11]:

$$W = \frac{\Delta n}{\Delta T} + \alpha_{\kappa} (n - 1), \quad (8)$$

де α_{κ} – коефіцієнт лінійного розширення. Критерієм хорошої узгодженості елементів являється рівність W матеріалів оптичних систем. Використовуючи значення α_{κ} , n і $\Delta n/\Delta T$ по формулі (8) були розраховані величини термооптичних постійних стеклопостійних $\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{S}_x\text{Se}_{52-x}\text{J}_{14}$, значення яких приведені в таблиці. Одержано, що серед досліджуваних матеріалів найменше значення W характерне для скла $\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{S}_{52}\text{J}_{14}$, тобто в стеклах, для яких величина термохвильової аберації буде мінімальною, основний вклад у W вносить абсолютне значення і знак $\Delta n/\Delta T$.

Таблиця

Склад	E_g , eV ($\alpha=1000 \text{ cm}^{-1}$, 300 K)	$\frac{dE_g}{dT} 10^4$, eV·K ⁻¹	n ($\lambda=5 \text{ мкм}$)	$\frac{\Delta n}{\Delta T} 10^6$ ($\lambda=5 \text{ мкм}$)	$W \cdot 10^6$, K ⁻¹
$\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{Se}_{52}\text{J}_{14}$	2.16	-5.3	2.319	+4.0	32.5
$\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{Se}_{44}\text{S}_8\text{J}_{14}$	2.22	-4.8	2.292	0.0	29.6
$\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{Se}_{34}\text{S}_{18}\text{J}_{14}$	2.31	-3.9	2.248	-2.5	22.2
$\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{Se}_{26}\text{S}_{26}\text{J}_{14}$	2.41	-3.0	2.210	-7.5	15.6
$\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{Se}_{18}\text{S}_{34}\text{J}_{14}$	2.48	-3.2	2.166	-9.5	11.7
$\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{Se}_8\text{S}_{44}\text{J}_{14}$	2.58	-4.3	2.120	-14.0	5.3
$\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{S}_{52}\text{J}_{14}$	2.68	-6.3	2.079	-15.1	2.3

Таким чином, зміна показника заломлення з температурою визначається як мірою електронної поляризуємості атомів, які входять до складу стеклопостійних, так і зміною коефіцієнта лінійного температурного розширення. Отже, із

зміною складу стеклопостійних $\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{S}_x\text{Se}_{52-x}\text{J}_{14}$ можна одержувати матеріали з додатнім, від'ємним і нульовим значеннями температурного приросту показника заломлення, що важливо при створенні стабільних оптичних систем.

1. Б.М.Коперльос, И.Д.Туряница, В.В.Химинец, Д.В.Чепур. Акустический журнал. –1976.–Т.22, вып.4. – С.536-539.
2. Д.В.Чепур, В.П.Пинзеник, В.В.Хими-нец, И.Й.Росола. Информационный листок о научно-техническом достижении.–Львов:Изд-во Львовского ИНТИ.–1983.–№59.–4 с.
3. А.Н.Борец. Физ. электроника.–1981.–Вып.23.–С.86–93.
4. Ю.И.Уханов.Оптические свойства полупроводников. –М.:Наука, 1977.–366 с.
5. Н.Мотт, Э.Дэвис. Электронные процессы в некристаллических веществах.–М.: Мир, 1982. –662 с.
6. В.Г.Жданов, В.К.Малиновский, А.П.Соколов. Физика и химия стекла. –1984.–Т.10, №4.–С.501–503.
7. П.П.Пуга, Д.Ш.Ковач, В.А.Зубань, А.Н.Борец. Метрологическое обеспечение производства и контрольно–измерительная техника. Ужгород :НТО, 1984.–С.43-47.
8. Б.Т.Йоффе. Рефрактометрические методы химии. –Л.:Химия, 1974.–400 с.
9. A.R.Hilton, C.E. Jones. Appl. Optics.–1967.–V.9,№9. –P.1513–1517.
10. Физико–химические основы производства оптического стекла /Под ред. Л.И.Демкиной. –Л.:Химия, 1976.–456 с.
11. Г.Г. Слюсарев. Оптика и спектроскопия.–1959.–Т.6, вып.2. С.211–218.

OPTICAL BEHAVIOUR OF GLASSES OF A SLIT

$\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{S}_x\text{Se}_{52-x}\text{J}_{14}$

I. Rosola

Uzhhorod State University, Uzhgorod, 88000, Voloshin st., 54

The concentration dependences of edge of a characteristic absorption, his(its) temperature dependence, variance of an index of refraction n , temperature increase of an index of refraction $\Delta n/\Delta T$ and coefficient of linear temperature expansion of glasses of a slit $\text{Ge}_{20}\text{As}_{14}\text{S}_x\text{Se}_{52-x}\text{J}_{14}$ are explored.