

PACS: 81.05. Gc

As-Se, As-Se-S və As-Se-Te ŞÜŞƏVARI SİSTEMLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ VƏ ONLARDA ELEKTRON FONON QARŞILIQLI TƏSİRİ

R.İ.ƏLƏKBƏROV

AMEA-nın Fizika İnstitutu
Az 1143, Bakı, H.Cavid pr. 131
Rahim-14@mail.ru

Daxil olub: 21.05.2019
Çapa verilib: 01.09.2019

Açar sözlər: xalkogenid şüşə, amorf, fonon.

REFERAT

İşdə As_4Se_60 , $As_4Se_30S_30$, $As_4Se_30Te_30$, $As_{33,3}Se_{33,3}S_{33,4}$, $As_{33,3}Se_{33,3}Te_{33,4}$ xalkogenid şüşələri rentgen şüalarının diffraksiyası, işığın Raman səpilməsi və optik udulma metodları ilə tədqiq edilərək maddənin amorfluğu sübut olunmuş, matrisanı əmələ gətirən əsas quruluş elementləri, kimyəvi rabitələrin növləri tapılmışdır. Urbax udma kənarının temperaturdan və kimyəvi tərkibdən asılılıqları elektron-fonon qarşılıqlı təsirinin kimyəvi tərkibdən asılı olaraq dəyişməyə məruz qalması ilə izah olunmuşdur.

GİRİŞ

Hazırda aparılan işlərin müfəssəl təhlili göstərir ki, xalkogenid şüşəvari maddələr spektrin infraqırmızı oblastında yüksək şəffaflığı, kimyəvi stabilliyi və o cümlədən yüksək sındırma əmsalına malik olması ilə tədqiqatçıların diqqətini cəlb edir[1,2]. Bu baxımdan As-Se-S xalkogenid şüşəvari sistemləri xüsusilə geniş şəffaflıq oblastının və yüksək qeyri xətti optik xassələrinin olması ilə fərqlənir[3]. Digər tərəfdən tərkibində tellur olan As-Se-Te şüşəvari sisteminin spektrin orta və uzaq infraqırmızı oblastlarında yüksək şəffaflığının olması ilə yanaşı, yüksək sındırma əmsalına da malikdir[4]. Sözü gedən tədqiqatların nəticələri onu deməyə imkan verir ki, Raman spektroskopiyası metodu nizamsız quruluşlu xalkogenid şüşələrin lokal quruluşunu öyrənmək üçün mühüm tədqiqat metodu hesab olunur. Yəni, müxtəlif binar və çox komponentli xalkogenid şüşələrin Raman səpilmə spektrlərinin analizi nəticəsində şüşəvari matrisi əmələ gətirən homo və heteropolyar əlaqələrin və habelə quruluş elementlərinin rolu, təbiəti haqqında dolğun mühakimə yürütmək, lokal quruluş və fiziki xassələr arasında korrelyasiya yaratmağa nail olmaq mümkündür.

Məqalənin əsas ideyası As_2Se_3 , $As_4Se_30S_30$, $As_4Se_30Te_30$, $As_{33,3}Se_{33,3}S_{33,4}$, $As_{33,3}Se_{33,3}Te_{33,4}$ tərkiblərinin vakuumda termik buxarlandırma üsulu ilə alınan nazik təbəqələrində Raman səpilmə spektrlərinin analizinə əsasən elektron-fonon qarşılıqlı təsirlərində mümkün lokal quruluş elementlərinin rolunu müəyyənləşdirməkdir.

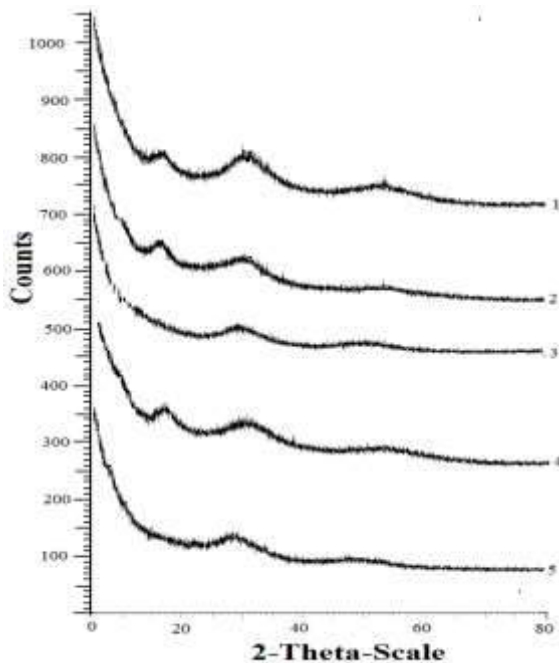
TƏCRÜBƏNİN METODİKASI VƏ NÜMUNƏLƏRİN ALINMASI

As_4Se_60 , $As_4Se_30Te_30$, $As_4Se_30S_30$, $As_{33,3}Se_{33,3}S_{33,4}$, $As_{33,3}Se_{33,3}Te_{33,4}$ xalkogenid şüşəvari tərkiblərinin sintezi ortasından tilinə perpendikulyar istiqamətdə yerləşən ox ətrafında fırlanan silindrik soba üsulu ilə yerinə yetirilmişdir. Sintez üçün tərkibə daxil olan xüsusi təmiz (99,9999%) elementlərdən müvafiq miqdarda elektron tərəzidə çəkib götürməklə, daxili diametri $14 \div 16$ mm və havası 10^{-4} tor təzyiqə qədər sorulmuş kvars ampullalara doldurulmuşdur. Fırlanan soba üsulunun seçilməsi alınmış məhlulun homogenliyini artırmaq məqsədi ilə nəzərdə tutulmuş və sintez prosesi 950°C -dən yuxarı temperaturda aparılmaqla bu temperaturda 12 saat ərzində saxlanılmışdır. Belə yüksək temperatur tərkibə daxil olan bütün komponentlərin mümkün qədər az özlülüklə bir-birinə

qarışmasını təmin etmək məqsədilə yaradılmışdır. Sintez prosesinin sonunda xəlitənin soyudulması sobanın sönmə rejimini əldə etdikdən sonra havada yerinə yetirilmişdir. Sintez olunan nümunələrin sıxlıqları aşağıdakı düstura əsasən hesablanmışdır.

$$\rho = \left[\frac{w_0}{(w_0 - w_L)} \right] \rho_L, \quad (1)$$

burada ρ -sintez olunan maddənin, ρ_L - mayenin (distillə olunmuş su) sıxlığı, w_0 və w isə maddənin havada və mayədə(suda) çəkiləridir. Hesablama zamanı mayenin(suyun) sıxlığı otaq temperaturunda 1q/cm^3 -ə bərabər götürülmüşdür. Sintez olunan As_4Se_6 , $\text{As}_4\text{Se}_3\text{S}_3$, $\text{As}_4\text{Se}_3\text{Te}_3$, $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{S}_{33,4}$, $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{Te}_{33,4}$ tərkiblərinin sıxlığını ölçmək üçün Arximed qanununa əsaslanan piknometrik metoddan istifadə olunmuşdur. Təcrübənin dəqiqliyi $\pm 0.02\text{q/cm}^3$ tərtibindədir. Alınmış nazik təbəqələrin amorfluğu rentgendifraksiya analizi ilə təsdiq olunmuşdur. Difraksiya mənzərəsində geniş maksimumların müşahidə olunması tədqiq olunan nazik təbəqələrdə kristallaşmaya məruz qalan oblasların olmadığını sübut edir (Şəkil.1).



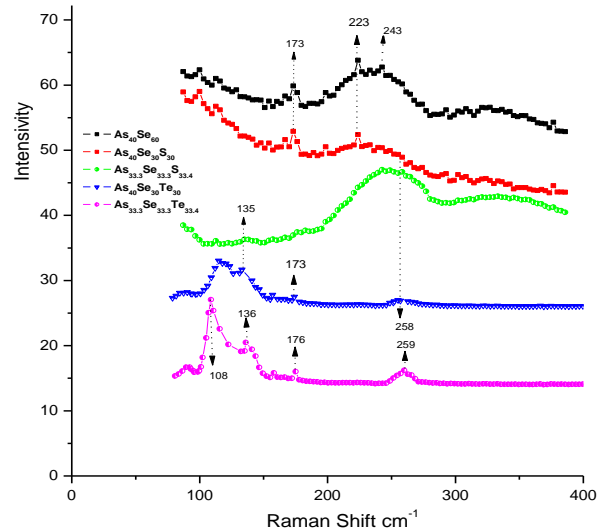
Şəkil 1

Rentgen difraksiya spektrləri: 1- As_4Se_6 , 2- $\text{As}_4\text{Se}_3\text{S}_3$, 3- $\text{As}_4\text{Se}_3\text{Te}_3$, 4- $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{S}_{33,4}$, 5- $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{Te}_{33,4}$.

Alınmış tərkiblərdə işığın Raman səpilməsi təcrübələri şüşə altlıqlar üzərinə $1.33 \times 10^{-4}\text{Pa}$ təzyiqli vakuumda termik buxarlandırma üsulu ilə $d=10\text{mk}$ qalınlıqlı nazik amorf təbəqələrdə yerinə yetirilmişdir. Bu tədqiqatlar üçölçülü konfokal lazer mikrospektroqrafında (Türkiyə, Tubitak) aparılmışdır. Həyəcanlandırıcı mənbə olaraq gücü $p=25\text{mW}$ və $\lambda=632.8\text{nm}$ dalğa uzunluğunda işləyən He-Ne lazeri istifadə olunmuşdur. Nazik təbəqə üzərinə düşən lazer şüasının en kəsiyinin radiusu $\sim 1\mu\text{m}$ -dur, ekspozisiya müddəti $1\div 90\text{s}$ olmuşdur.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

Şəkil 2-də As_4Se_6 , $\text{As}_4\text{Se}_3\text{S}_3$, $\text{As}_4\text{Se}_3\text{Te}_3$, $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{S}_{33,4}$, $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{Te}_{33,4}$ xalkogenid şüşələrdə işığın Raman səpilmə spektrləri göstərilmişdir. Göründüyü kimi, kimyəvi tərkibin dəyişməsi nəticəsində tədqiq olunan maddələrin Raman səpilmə spektrləri əhəmiyyətli dərəcədə dəyişməyə məruz qalır.



Şəkil 2

As_4Se_6 , $\text{As}_4\text{Se}_3\text{S}_3$, $\text{As}_4\text{Se}_3\text{Te}_3$, $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{S}_{33,4}$, $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{Te}_{33,4}$ xalkogenid şüşələrdə işığın Raman səpilmə spektrləri.

Şəkil 2-də As_4Se_6 -ə məxsus olan Raman səpilmə spektri $195\div 295\text{cm}^{-1}$ tezlikləri intervalını əhatə edən səpilmə zolağına malik olub, tədqiq olunan maddəyə məxsus amorf matrisanı əmələ gətirən AsSe_3 -əsas quruluş elementinə aid 223cm^{-1} pik mü-

şahidə olunur [5,6]. Spektrin səpilmə zolağının $238\div 258\text{cm}^{-1}$ tezlikləri intervalında nisbətən zəif müşahidə olunan piklər arsenium atomları ilə əlaqəsi olmayan həlqəvi və zəncirvari selen molekulları [6,7] ilə, tezliyin $260\div 280\text{cm}^{-1}$ intervalında olan kiçik maksimumlar isə AsSe_3 piramidal və ya digər As_4Se_4 [5,8] quruluş elementləri arasında körpü əlaqələrinə məxsus rəqslərlə bağlıdır. Beləliklə, $\text{As}_{40}\text{Se}_{60}$ -ə məxsus amorf matrisanın yaranmasında əsasən As-Se heteropolyar rabitələr və az miqdarda selen, arsenium atomları arasında yaranan Se-Se, As-As homopolyar rabitələr iştirak edir. Tədqiq olunan $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{S}_{30}$ şüşəvari tərkibinin Raman spektri müəyyən dəyişikliklə $\text{As}_{40}\text{Se}_{60}$ -ə məxsus spektrdəki mövcud səpilmə zolaqlarına malik olması ilə yanaşı $280\div 400\text{cm}^{-1}$ tezliklər intervalını əhatə edən səpilmə zolağına və $223, 243\text{cm}^{-1}$ maksimumları arasında zolağa malikdir. Spektrdə müşahidə olunan birinci səpilmə zolağı selen atomlarının müəyyən hissəsinin kükürd atomları ilə əvəz olunduğu əsas piramidal quruluş elementlərinə uyğun gəlir. Nəticədə selenin kükürdlə əvəz olunması nəticəsində spektrdə müşahidə olunan $325\div 355\text{cm}^{-1}$ tezlikləri zolağı AsS_3 -növ piramidal quruluş elementləri ilə [9,10], $380\div 400\text{cm}^{-1}$ intervalında olan səpilmə zolağı isə həmin AsS_3 [9] elementlərin qarşılıqlı təsiri ilə əlaqədardır. $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{S}_{33,4}$ tərkibinə məxsus Raman spektrləri isə sonuncu səpilmə zolağının intensivliyinin artması ilə fərqlənən öncə sözü gedən tərkiblərə məxsus spektrlərdə olan bütün zolaqlara malik olmaqla yanaşı aşağı intensivlikli iti piklərin yox olması ilə özünü göstərir. Digər tərəfdən bütün maddələrin spektrlərinə məxsus tezliyin 173cm^{-1} -ə uyğun qiymətində müşahidə olunan pikin tədqiq olunan tərkibdə intensivliyi qismən zəifləyir. Qeyd olunan xüsusiyyətin arseniumla zəngin olan bütün xalkogenid şüşələrin Raman səpilmə spektrlərində müşahidə olunması tərkibində As-As[11]olan quruluş elementləri ilə əlaqələndirilir.

$\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{Te}_{30}$ şüşəvari tərkiblərinin spektrləri $100\div 160\text{cm}^{-1}$ tezlik intervalını əhatə edən səpilmə zolaqlarına və $110, 136, 159, 176, 258\text{cm}^{-1}$ tezlikli maksimumlara malikdir. Spektrdə müşahidə olunan 110 və 136cm^{-1} tezlikli maksimumlar amorf matrisaya daxil olan Se-As-Te zəncirinin asimmetrik valent modaları ilə bağlıdır [6]. Tədqiq olunan maddələrdə həmçinin müxtəlif müəlliflər [12,13]

tərəfindən müşahidə olunan 159cm^{-1} tezlikli pik Te-Te rabitələrinin rəqs modalarına aid edilir. Spektrdə müşahidə olunan 176cm^{-1} tezlikli maksimum As_2Te_3 [30] quruluş elementlərinin rəqs modalarına, maksimumu 259cm^{-1} -ə uyğun gələn səpilmə zolağı isə Se-Se [6,7,15,16] əlaqələrinin rəqslərinə məxsus hesab olunur. Nəhayət stexiometrik olmayan $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{Te}_{33,4}$ -ə aid Raman səpilmə spektrinin 108 və 136cm^{-1} tezliklərdəki maksimumların müşahidəsi ilə fərqlənməsi və tezliyin 259cm^{-1} qiymətində səpilmə zolağına məxsus intensivliyin güclənməsi ilə yanaşı $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{Te}_{30}$ -ə məxsus olan bütün zolaqları özündə əks etdirir. Nəticədə, $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{Te}_{33,4}$ tərkibində $\nu=259\text{cm}^{-1}$ tezliyinə uyğun səpilmə zolağının intensivliyinin artması xalkogen atomlarının qalıq konsentrasiyası ilə bağlıdır.

İlk dəfə olaraq ion kristallarda [17] meydana gələn Urbax udulma kənarı və onun temperatur asılılığı elektron-fonon qarşılıqlı təsiri ilə (electron-phonon interaction (EPI)) əlaqələndirilir. Fotoinduksiya olunan quruluş dəyişmələri (Photoinduced structural change - PSC), o cümlədən fototündləşmə (photo-darkening) effektinin tədqiqi [18,19-22] göstərir ki, istər kristal, istərsə də amorf xalkogenidlərdə güclü elektron-fonon qarşılıqlı təsiri mövcuddur.

Elektron-fonon qarşılıqlı təsirinin parametrləri udma kənarının diklik parametrlərinin temperatur asılılığından (Şəkil 2) aşağıda təsvir olunan düstura əsasən alınır [20]

$$\sigma = \sigma_0 \left[\frac{2kT}{\hbar\omega_p} \right] \tanh \left[\frac{2kT}{\hbar\omega_p} \right], \quad (2)$$

burada $\hbar\omega_p$ - elektron-fonon qarşılıqlı təsirini təsvir edən bir ossilyator modelində fononların effektiv enerjisi, σ_0 -isə Urbax udulma kənarının diklik dərəcəsinə xarakterizə edən və tədqiq olunan obyektin materialından asılı olub, temperaturdan asılı olmayan parametrdir. Məqalədə fononların effektiv enerjisi ($\hbar\omega_p$) kimyəvi rabitə yaxınlaşması metodunun təməl prinsiplərini tətbiq edib amorf matrisaya daxil olan bütün kimyəvi rabitələrin faiz nisbətini nəzərə alaraq onların Raman səpilmə spektrindən orta rəqs enerjisi kimi təyin olunmuşdur (Şəkil 2). Sözü gedən parametrlərin ($\hbar\omega_p$) və σ_0 - m yuxarıda ifadə olunan (1) - düsturuna əsa-

sən hesablanmış qiymətləri cədvəl 1-də təsvir olunmuşdur.

Cədvəl 1

Şüşəvari tərkib	σ_0	$\hbar\omega_p$, meV
As ₄₀ Se ₆₀	0.28	27,6
As ₄₀ Se ₃₀ Te ₃₀	0.141	24,5
As ₄₀ Se ₃₀ S ₃₀	0.195	34.45
As _{33,3} Se _{33,3} S _{33,4}	0.194	35.32
As _{33,3} Se _{33,3} Te _{33,4}	0.0457	24.4776

Cədvəl 1-dən göründüyü kimi, tərkibində tellur olan nümunələr üçün $\hbar\omega_p$ - parametrisinin qiymətləri digərlərindən aşağı olub, [20] işinin nəticələri ilə uzlaşır. Həmçinin cədvəldən göründüyü kimi, üç-komponentli tərkiblər (As₄₀Se₃₀S₃₀ və As_{33,3}Se_{33,3}S_{33,4}) üçün $\hbar\omega_p$ - parametrisinin ədədi qiymətlərinin binar tərkiblərlə (As₄₀Se₆₀) müqayisədə yüksək olması mürəkkəb komponentli XŞY materiallarda güclü elektron-fonon qarşılıqlı təsirinin olduğunu sübut edir [22]. Cədvəl 1-də təsvir olunan σ_0 - parametri həmçinin kondensə olunmuş mühitlərdə elektron-fonon qarşılıqlı təsirini xarakterizə edir. Müəllif [23] tərəfindən qələvi elementlərin halogenidlərində sözü gedən parametrisinin qiymətinin $\sigma_0=1$ şərtini ödədiyi halda eksitonun sərbəst haldan özüzəbt halına (self trapped states) keçməsi haqqında irəli sürülən mühakimə digər tədqiqatlarda [24] öz təsdiqini tapır. Elektron-fonon qarşılıqlı təsirinin mövcudluğunu təsdiq edən [25] $\sigma_0<1$ şərtinin ödənilməsi Cədvəl 1-də təsvir olunan bütün XŞY-tərkiblər üçün təmin olunur. Həmçinin cədvəldən göründüyü kimi, üç-komponentli nümunələr üçün σ_0 -ın qiymətinin binar As₄₀Se₆₀-tərkiblə müqayisədə aşağı olması müəllifin [26] çoxkomponentli xalkogenid şüşələrdə yüksək səviyyəli elektron-fonon qarşılıqlı təsirinin mövcudluğu fikri ilə, tamamilə uzlaşır. Bundan başqa Urbax udulma kənarını xarakterizə edən parametrlər arasında korrelyasiyanın mövcudluğu da cədvəldən aydın görünür. Məlum olur ki, Urbax udulmasına səbəb olan lokal halların energetik eninin artması uyğun olaraq fononların effektiv enerjisinin artması və Urbax kənarı dikliyini xarakterizə edən σ_0 - parametrisinin azalması ilə müşayiət olunur. Sözü gedən parametrlərin belə dəyişməsi elektron-fonon qarşılıqlı təsirinin və atomların

məskunlaşmasında aşkara çıxan quruluş nizamsızlığının səviyyəsi ilə əlaqədardır.

İşığın Raman səpilmə spektrinin yuxarıda ifadə olunan şərhə göstərir ki, As₄₀Se₆₀ tərkibinin məxsusu şüşəvari matrisanın quruluş elementlərindən və yaxud As-Se atomları arasındakı heteropolıyar rabitələrdən və az miqdarda selen, arsen atomları arasındakı homopolıyar rabitələrdən yaranır. Selen atomlarının müəyyən hissəsinin kükürlə (As₄₀Se₃₀S₃₀ və As_{33,3}Se_{33,3}S_{33,4} tərkiblərində) əvəz olunması nəticəsində rabitələrin müəyyən hissəsi yüksək enerjili As-S (45.18kcal/mol), Se-S (47,47kcal/mol), S-S (50,9kcal/mol) rabitələri ilə əvəz olunan quruluş elementlərinə məxsus olan yeni xarakterik maksimumlar və səpilmə zolaqları yaranır. Selen atomlarının müəyyən hissəsinin tellurla (As₄₀Se₃₀Te₃₀ və As_{33,3}Se_{33,3}Te_{33,4} tərkibləri) əvəz olunması zamanı isə selen atomlarının iştirak etdiyi quruluş elementlərinə məxsus olan rabitələrin rəqsi ilə əlaqəli olan səpilmə zolaqları zəifləyir və tərkibində daha aşağı rabitə enerjili As-Te (32,7kcal/mol), Se-Te (40,8kcal/mol), Te-Te (33kcal/mol) rabitələrindən ibarət olan quruluş elementlərinə məxsus səpilmə zolaqları yaranır. Buna görə də, yuxarıda sadalanan parametrlərin əhəmiyyətli dərəcədə azalması müşayiət olunur.

XÜLASƏ

As₄₀Se₆₀, As₄₀Se₃₀S₃₀, As₄₀Se₃₀Te₃₀, As_{33,3}Se_{33,3}S_{33,4} As_{33,3}Se_{33,3}Te_{33,4} tərkibli təbəqələrin amorfluğu Rentgen şüalarının difraksiya mənzərəsinin geniş zolaqlardan ibarət olması ilə sübut olunmuşdur. Amorf matrisanı əmələ gətirən əsas quruluş elementləri və kimyəvi rabitələrin növləri Raman spektroskopiyası metodu ilə təyin olunmuşdur. Optik udulmanın Urbax kənarının temperaturdan asılılığını xarakterizə edən parametrlərin qiymətləri və kimyəvi tərkibdən asılı olaraq dəyişməsi elektron-fonon qarşılıqlı təsiri ilə əlaqələndirilmişdir. Kimyəvi yaxınlaşma metodundan və Raman səpilmə spektrindən istifadə edərək tədqiq olunan materiallar üçün elektron-fonon qarşılıqlı təsirinin enerjisi hesablanmışdır. Göstərilmişdir ki, üçqat tərkibli xalkogenidlərdə elektron-fonon qarşılıqlı təsiri daha güclüdür.

1. E.I.Kamitsos, J.A.Kapoutsis, I.P.Culeac, M.S.Iovu. *Structure and bonding in As-S-Sb chalcogenide glasses by infrared reflectance spectroscopy*, *J. Phys. Chem*, **B101**(1997) 11061-11067.
2. M.S.Iovu, E.I.Kamitsos, C.P.E.Varsamis, P.Boochand, M.Popescu. *Raman spectra of As_xSe_{100-x} glasses doped with metals*, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* **7** (2005) 1217-1222.
3. F.Y.Lin, O.Gulbitten, Z.Y.Yang, L.Calvez, P.Lucas. *Mechanism of photostructural changes in mixed-chalcogen As-S-Se glasses investigated by Raman spectroscopy*, *Journal of Physics D, Applied Physics*, **44** (2011)045404.
4. J.Kalužný, D.Ležal, E.Mariani, J.Pedlíková, V.Labaš, НАЗВАНИЕ, 12th International scientific conference „CO-MAT-TECH 2004“, MIF STU Trnava, Trnava (2004) 553-560. ISBN: 80-227-2121-2.
5. R.I.Alekberov, S.I.Mekhtiyeva, A.I.Isayev, M.Fabian. *The local structure of As-Se-S chalcogenide glasses studied by neutron diffraction and Raman scattering*, *J. Non-Cryst. Sol.*, **470** №15 (2017)152-159.
6. Р.И.Алекберов, С.И.Мехтиева, Г.А.Исаева, А.И.Исаев. *Комбинационное рассеяние света в халькогенидных стеклообразных полупроводниках As-Se-S и As-Se-Te*, *ФТП*, **48** (2014) 823-826.
7. G.Lucovsky, R.M.Martin. *A molecular model for the vibrational modes in chalcogenide glasses*, *J. Non-Cryst. Solids*, 8-10 (1972) 185-190.
8. G. Delaizir, M.Dussauze, V.Nazabal et all. *Structural characterizations of As-Se-Te glasses*, *Journal of Alloys and Compounds*, **509** (2011) 831-833.
9. T.Cardinal, K.A.Richardson, H. Shim, et all. *Non-linear optical properties of chalcogenide glasses in the system As-S-Se*, *J. Non-Cryst. Solids*, **256-257** (1999) 353-360.
10. C.Lopez, K.A.Richardson, R.Valee. *Photo-induced changes in arsenic based chalcogenides*, *Conference Paper: CLEO'04/San Francisco*, (2004) 504-507.
11. F.Wenger, A.V.Melnichuk, A.V.Stronsky. *Photostimulated Processes in Chalcogenide Glassy Semiconductors and Their Practical Application Academperiodika E*, Kiev, (2007) 283.
12. A.Mendoza-Galvan, E.Garcia-Garcia, Y.V.Vorobiev, J.Gonzalez-Hernandez. *Structural, optical and electrical characterization of amorphous Se_xTe_{1-x} thin film alloys*, *Microelectron. Engin*, **51-52** (2000)677-687.
13. M.H.Brodsky, R.J.Gambino, J.E.Smith, Y.Yacoby. *The Raman Spectrum of Amorphous Tellurium*, *Phys. Status Solidi B*, **52** (1972) 609-614.
14. T.Usuki, K.Saitoh, M.Endo, O.Uemura. *Short-range order of amorphous and liquid As-Te-I system*, *J. Non-Cryst. Sol.*, **205-207** (1996) 184-188.
15. W.Li, S.Seal, C.Rivero, C.Lopez, K.Richardson, A.Pope, A.Schulte, S.Myneni, H.Jain, K.Antoine, A.C.Miller. *Role of S/Se/Se ratio in chemical bonding of As-S-Se glasses investigated by Raman, x-ray photoelectron, and extended x-ray absorption fine structure spectroscopies*, *J. Appl. Phys.*, **98** (2005) 053503.
16. О.В.Химинец, В.С.Герасименко и др. *ЖЛХ*, **51** (1978) 1522.
17. H.Y.Fan, *Temperature Dependence of the Energy Gap in Semiconductors* *Phys. Rev.*, **82** (1951) 900-906.
18. Под ред. К.Д.Цендина. *Электронные явления в халькогенидных стеклообразных полупроводниках*, изд. Наука, (1996) 486.
19. B.G.Ëurbulak, S.Duman, A.Ates. *The Urbach tails and optical absorption in layered semiconductor TlGaSe₂ and TlGaS₂ single crystals*, *Czech. J. of Physics*, **55** (2005) 93-103.
20. Y.Utsugi, Y.Mizushima. *Photostructural change in the Urbach tail in chalcogenide glasses*, *J. Appl. Phys.*, **51** (1980)1772-1779.
21. G.-H.Jung, H.Kong, J.-B.Yeo, H.-Y.Lee. *Evaluations of Sb₂₀Se_{80-x}Ge_x (x=10, 15, 20, and 25) Glass Stability from Thermal, Structural and Optical Properties for IR Lens Application* *J. Korean Ceram. Soc.*, **54** (2017)484-491.
22. I.P.Studenyak, M.Kranjčec, et all. *Compositional studies of optical parameters in (Ag₃AsS₃)_x(As₂S₃)_{1-x} (x=0.3; 0.6; 0.9) thin films*, *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*, **19** (2016) 371-376.
23. Y.Toyoazawa, *Technical Report of the Institute for Solid State Physic*, Ser. A, **119** (1964).
24. I.H.Kanzaki, S.Sakuragi, K.Sakamoto. *Excitons in AgBr_{1-x}Cl_x - transition of relaxed state between free and self-trapped exciton*, *Solid State Commun.*, **9** (1971) 999-1002.
25. M.V.Kurik. *Urbach rule (Review)*, *Phys. Status Solidi (a)*, **8**(1971) 9-30.
26. H.Kong, J-B.Yeo, H-Y.Lee. *Evaluations of Sb₂₀Se_{80-x}Ge_x (x=10, 15, 20, and 25) Glass Stability from Thermal, Structural and Optical Properties for IR Lens Application*, *J. Korean Ceramic Society*, **5** (2017) 484-491.

THE OPTICAL PROPERTIES AND ELECTRON-PHONON INTERACTIONS OF As-Se, As-Se-S, As-Se-Te GLASSY SYSTEMS

R.I. ALEKBEROV

As₄₀Se₆₀, As₄₀Se₃₀S₃₀, As₄₀Se₃₀Te₃₀, As_{33,3}Se_{33,3}S_{33,4} As_{33,3}Se_{33,3}Te_{33,4} chalcogenide glasses have been studied by Raman spectroscopy, X-ray diffraction method and the amorphousness and determined main structure elements of matrix forming e and types of chemical bonds has been proven. Urbach absorption edge dependence on temperature and dependence on chemical composition has been explained by interaction of the electron-phonon depending on the chemical composition.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ЭЛЕКТРОННО-ФОНОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В СТЕКЛООБРАЗНЫХ СИСТЕМАХ As-Se, As-Se-S, As-Se-Te

Р.И. АЛЕКБЕРОВ

Исследованы халькогенидные стекла As₄₀Se₆₀, As₄₀Se₃₀S₃₀, As₄₀Se₃₀Te₃₀, As_{33,3}Se_{33,3}S_{33,4} As_{33,3}Se_{33,3}Te_{33,4} методами спектроскопии комбинационного рассеяния света, рентгеновской дифракции, доказана аморфность образцов и определены основные элементы структуры, образующие матрицу, а также химических связей. Зависимость края поглощения Урбаха от температуры и от химического состава объясняется изменением электрон-фононного взаимодействия в зависимости от химического состава.