

As-Se, As-Se-S və As-Se-Te ŞÜŞƏVARI XALKOGENİD YARIMKEÇİRİCİ SİSTEMLƏRİNİN OPTİK XASSƏLƏRİ

R.İ. ƏLƏKBƏROV

*Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,
Bakı, Az 1143, H. Cavid, 131
E-mail: Rahim-14@mail.ru*

İşdə As_4Se_6 , $As_4Se_3Te_3$, $As_4Se_3S_3$, $As_{33,3}Se_{33,3}S_{33,4}$, $As_{33,3}Se_{33,3}Te_{33,4}$ tərkibli halkogenid şüşəvari təbəqələrin optik udulma spektrləri, Urbax udulma kənarının temperatur asılılığına aid təcrübələr yerinə yetirilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, tədqiq olunan tərkiblərin kohesiv, orta rabitə enerjilərinin qiyməti ilə qadağan zonasının eni arasında korrelyasiya mövcuddur. Belə ki, selenin kükürdlə qismən əvəzlənməsi qeyd olunan fiziki kəmiyyətlərin artmasına, tellurla əvəzlənməsi isə onların analoji olaraq azalmasına səbəb olur. Nəticələr göstərir ki, kükürdlə müqayisədə, tellurla zəngin olan nümunələrdə maddənin nizamsızlıq dərəcəsinə əks etdirən Urbax enerjisinin (U) qiyməti daha yüksəkdir.

Açar sözlər: halkogenid şüşə, amorf, Urbax kənarı, kohesiv enerji.

PACS: 81.05. Gc

1. GİRİŞ.

Halkogenid şüşəvari yarımkeçiricilərin quruluş və fiziki xassələrinin tədqiqinə həsr olunan məqalələrin intensiv olaraq artması onların müxtəlif infraqırmızı optik qurğularda, o cümlədən infraqırmızı oblastda işləyən optik liflər, müstəvi dalğa ötürücüləri, optik, elektrik çeviriciləri və lazerlərdə uğurlu tətbiq imkanlarının müəyyən olması ilə bağlıdır [1-3]. Qeyd olunan tətbiq imkanlarının aşkar olunması onların spektrin görünən və yaxın infraqırmızı oblastlarda yüksək şəffaflığı, yüksək fəthəssaslığı, qeyri-xətti sındırma əmsalına və aşağı fonon enerjisinə malik olması, habelə, alınma texnologiyasının sadəliyi və kimyəvi davamlılığı ilə əlaqədardır. Halkogenid şüşəvari yarımkeçiricilərə məxsus bu qəbildən olan elmi tədqiqatların mütləq əksəriyyəti, əsasən As_2Se_3 , As_2S_3 və digər binar birləşmələrdə yerinə yetirilmişdir [1-7]. Göstərilən maddələrin quruluş, elektrik və optik xassələri müfəssəl tədqiq olunmuşdur. Binar HŞY birləşmələrə iki və üçüncü tərkib komponentinin əlavə olunması onların fiziki xassələri və tətbiq imkanlarının əhatəsini genişləndirməyə imkan verir. Bu baxımdan HŞY As-Se-S sistemləri xüsusilə geniş şəffaflıq oblastının və yüksək qeyri-xətti optik xassələrinin olması ilə fərqlənir [8]. Digər tərəfdən, tərkibində tellur olan As-Se-Te şüşəvari sisteminin spektrin orta və uzaq infraqırmızı oblastında yüksək şəffaflığının olması ilə yanaşı, yüksək sındırma əmsalına da malikdir [9]. Lakin bu maddələrin uğurlu tətbiqinin əldə olunması onlarda baş verən fiziki proseslərin mexanizmlərinin mükəmməl şərhini və fiziki xassələrin məqsədli idarə olunmasını tələb edir. Bu problemin həllinə lokal quruluş və fiziki xassələr arasında korrelyasiya yaratmaqla nail olmaq olar. Həmçinin, tələb olunan nəticələrin mümkünlüyü üçün stabil fiziki xassələrə malik maddələrin alınma üsullarının aşkar olunması zəruridir. Odur ki, optik qadağan zonasının eni və şüşələşmə temperaturu şüşəvari halı xarakterizə edən mühüm parametrlər olub, bilavasitə amorf matrisanın səltliyi ilə bağlı olduğundan göstərilən kəmiyyətlər və amorf matrisanın səltliyini xarakterizə edən digər fiziki parametrlər, o cümlədən, koordinasiya ədədi, orta rabitə

enerjisi, kohesiv enerji, quruluşun kipliyi, orta molyar həcmi və.s arasında korrelyasiya yaratmağa xüsusi diqqət yetirilir. Bu qəbildən olan çoxsaylı tədqiqatların müəllifləri [10-15] tərəfindən şüşələşmə temperaturunu koordinasiya ədədi və orta rabitə enerjisi ilə əlaqələndirən müxtəlif düsturlar təklif olunmuşdur. İşdə tədqiqat zamanı təqdim olunan maddələr orta koordinasiya ədədinin (stexiometrik və stexiometrik olmayan tərkiblər üçün, uyğun olaraq, 2.4 və 2.33 qiymətləri təşkil edir) qiymətinə görə qismən fərqlənsə də, onların tərkibinə məxsus enerjiləri ilə fərqlənən kimyəvi rabitələr optik və digər fiziki parametrlər arasında korrelyasiya yaratmağa imkan verir.

Təqdim olunan məqalədə As_2Se_3 , $As_4Se_3S_3$, $As_4Se_3Te_3$, $As_{33,3}Se_{33,3}S_{33,4}$, $As_{33,3}Se_{33,3}Te_{33,4}$ HŞY tərkibləri sintez olunaraq onların əsasında vakuumda termik buxarlandırma üsulu ilə 2 mik qalınlıqlı nazik təbəqələr alınmışdır. Alınmış nümunələrdə optik udulma spektrləri, Urbax udulma kənarının temperatur asılılığını müəyyənləşdirən təcrübələr yerinə yetirilmişdir.

2. TƏCRÜBƏNİN METODİKASI VƏ NÜMUNƏLƏRİN ALINMASI.

As_4Se_6 , $As_4Se_3Te_3$, $As_4Se_3S_3$, $As_{33,3}Se_{33,3}S_{33,4}$, $As_{33,3}Se_{33,3}Te_{33,4}$ halkogenid şüşəvari tərkiblərinin sintezi ortasından tilinə perpendikulyar istiqamətdə yerləşən ox ətrafında fırlanan silindrik soba üsulu ilə yerinə yetirilmişdir. Sintez üçün tərkibə daxil olan xüsusi təmiz (təmizlik dərəcəsi 99.9999%) elementlərdən müvafiq miqdarda elektron tərəzidə çəkilib götürməklə, daxili diametri 14÷16 mm və havası 10^{-4} tor təzyiqə qədər sorulmuş kvarts ampulalara doldurulmuşdur. Fırlanan soba üsulunun seçilməsi alınmış məhlulun homogenliyini artırmaq məqsədi ilə nəzərdə tutulmuş və sintez prosesi $950^{\circ}C$ -dən yuxarı temperaturda edilməklə bu temperaturda 12 saat ərzində saxlanılmışdır. Belə yüksək temperatur tərkibə daxil olan bütün komponentlərin mümkün qədər az özlüklüklə bir-birinə qarışmasını təmin etmək məqsədilə yaradılmışdır. Sintez prosesinin sonunda xəlitənin soyu-

dulması sobanın sönmə rejimini etdikdən sonra havada yerinə yetirilmişdir.

Optik tədqiqatların aparılması üçün АВП-0.5 markalı vakuum qurğusunda otaq temperaturu şüşə altlıqlar üzərinə 1.33×10^{-4} Pa təzyiqli vakuumda termik buxarlandırma üsulu ilə $d=2$ mik qalınlıqlı nazik təbəqələr alınmışdır. Nazik təbəqələrin alınması zamanı maddənin buxarlandırılma sürəti ~ 0.6 nm/s olmuşdur. Altlıq kimi, istifadə olunan (BK7) markalı optik şüşələr çökdürmə prosesindən öncə ultrasəs üsulu ilə təmizlənmişdir. Termik buxarlandırma üsulu ilə alınan nazik təbəqələrin qalınlığı Carl ZeissSigma VP Scanning Electron Microscopy (SEM) vasitəsi ilə təyin olunmuşdur. Nazik təbəqələrin alınması zamanı maddənin buxarlandırılma sürəti ~ 0.6 nm/s olmuşdur. Optik xassələrin tədqiqi üçün Spekol -1500 markalı spektrofotometr istifadə olunmuş və təcrübələr otaq temperaturunda yerinə yetirilmişdir. Optik buraxma əmsalı dalğa uzunluğunun 190-1100 nm intervalında birşüalı spektroskopiyaya metodu ilə tədqiq olunmuşdur. 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_L maddənin havada və mayədə (suda) çəkiləridir. Hesablama zamanı mayenin (suyun) sıxlığı otaq temperaturunda $1 \text{ q} \cdot \text{sm}^{-3}$ -ə bərabər götürülmüşdür. Sintez olunan $\text{As}_{40}\text{Se}_{60}$, $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{S}_{30}$, $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{Te}_{30}$, $\text{As}_{33.3}\text{Se}_{33.3}\text{S}_{33.4}$, $\text{As}_{33.3}\text{Se}_{33.3}\text{Te}_{33.4}$ tərkiblərinin sıxlığının ölçülməsində Arximed qanununa əsaslanan piknometrik metod istifadə olunmuşdur. Təcrübənin dəqiqliyi $\pm 0.02 \text{ q} \cdot \text{sm}^{-3}$ tərtibindədir.

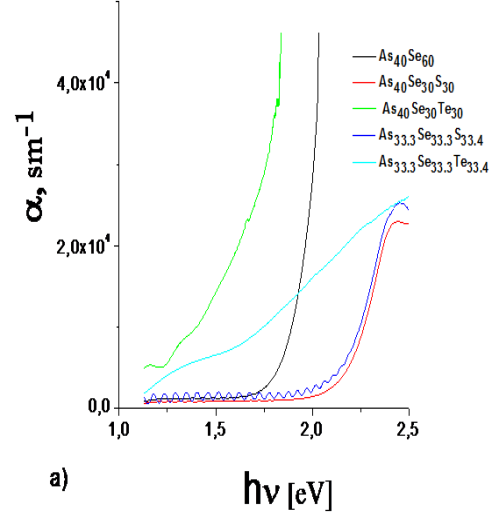
3. NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ.

Şəkil 1-də tədqiq olunan As_2Se_3 , $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{S}_{30}$, $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{Te}_{30}$, $\text{As}_{33.3}\text{Se}_{33.3}\text{S}_{33.4}$, $\text{As}_{33.3}\text{Se}_{33.3}\text{Te}_{33.4}$ halkogenid şüşələrin optik udulma spektrləri təsvir olunmuşdur. Mövcud tədqiqatlar göstərir ki, HŞY materialların optik udulma spektri udulma əmsalının (α) fotonun enerjisindən asılılığı ilə fərqlənən üç əsas oblastdan ibarətdir [16-17].

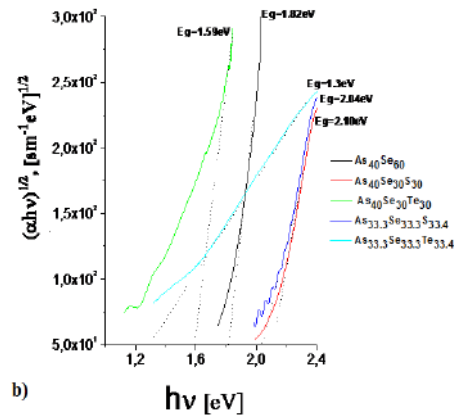
Maddənin üzərinə düşən fotonun enerjisinin kiçik qiymətlərində zəif udulma oblastı (bu halda udulma əmsalı $\alpha < 1$ şərtini ödəyərək fotonun enerjisindən zəif asılı olur), Urbax qanununa tabe olan aralıq eksponensial udulma oblastı ($\alpha \sim 1 \div 10^3 \text{ sm}^{-1}$) [18] və fotonun enerjisinin nisbətən yüksək qiymətləri (bu halda fotonun enerjisi ($h\nu$) optik qadağan zonanın enindən (E_g) böyük olub $h\nu > E_g$ şərtini ödəyir) oblastını əhatə edərək aşağıdakı münasibətlə ifadə olunan Taus qanununa uyğun udulma oblastı (şəkil 1b):

$$\alpha \cdot h\nu = B(h\nu - E_g)^n, \quad (2)$$

burada, E_g - optik qadağan zonanın eni, B - üstlü asılılığın (2) meylinə uyğun əmsal, ν - maddənin üzərinə düşən şüalanmanın tezliyi, h - Plank sabitidir. Taus qanununa tabe olan (2)- asılılığının qüvvət üstü (n) tədqiq olunan tərkiblərdə və, o cümlədən, əksər HŞY materiallarda 2-yə bərabər olub çəp optik keçidlərin varlığı ilə əlaqələndirilir [17].



a)



b)

Şəkil 1. As_2Se_3 , $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{S}_{30}$, $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{Te}_{30}$, $\text{As}_{33.3}\text{Se}_{33.3}\text{S}_{33.4}$, $\text{As}_{33.3}\text{Se}_{33.3}\text{Te}_{33.4}$ halkogenid şüşələrin optik udulma (a) və Taus qanununa uyğun udulma (b) spektrləri.

Taus qanununa tabe olan oblastdan udulma spektrlərinin qrafiklərini $(\alpha \cdot h\nu)^{1/2} \sim f(h\nu)$ asılılığı şəklində qurub onların absis oxu ilə kəsişməsinə ekstrapolyasiya edərək E_g -nin, qrafikin meyindən isə B -parametrinin qiymətləri təyin olunmuşdur (şəkil 1b). Udulma spektrlərinin Urbax qaydasına uyğun olan oblastı $\ln \alpha \sim f(h\nu)$ asılılığı şəklində müxtəlif temperaturlarda qurularaq şəkil 2-də təsvir olunmuşdur. Burada udulma əmsalı düşən fotonun enerjisindən eksponensial asılı olub aşağıdakı kimi, ifadə olunur:

$$\alpha = \alpha_0 \cdot \exp \left[\frac{\sigma(h\nu - E_0)}{kT} \right] = \alpha_0 \cdot \exp \left[\frac{h\nu - E_0}{U} \right] \quad (3)$$

(3) - düsturuna əsasən $U = \sigma/kT$ şəklində təyin olunan Urbax enerjisinin (Urbax enerjisinin tərs qiyməti (U^{-1}) udulma kənarının meyli ilə $U^{-1} = \Delta(\ln(\alpha)/\Delta(h\nu))$ şəklində təyin olunur), σ -udulma kənarının dikliyi parametri (absorption edge steepness parameter) və, o cümlədən, müxtəlif temperaturlarda ayrı-ayrı Urbax asılılıqlarının kəsişmə nöqtəsinin koordinatları (α_0 və E_0) (convergence point coordinates of the Urbach bundle) təyin olunaraq müxtəlif tərkiblər üçün onların qiymətləri cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Cədvəl 1-dəki parametrlər HŞY materialların atom və elektron konfigurasiyaları haqqında informasiya əldə etməyə imkan verir. Burada həmçinin müxtəlif müəlliflər [19] tərəfindən mürəkkəb komponentli

şüşələr ($A_xB_yC_z$) üçün təklif olunan aşağıdakı münasibətə əsasən optik qadağan zonanın hesablanan qiymətləri də verilmişdir.

$$E_g = xE_g(A) + yE_g(B) + zE_g(C) \quad (4)$$

burada, x, y və z - tədqiq olunan tərkiblərə daxil olan elementlərin həcmi payı, $E_g(A), E_g(B)$ və $E_g(C)$ isə, uyğun olaraq, A, B, C tərkib elementlərinin qadağan zonalarının enidir. İşdə həcmi paydan atom faizə keçid atomar kütlə və sıxlığın qiymətləri nəzərə alınaraq edilmiş və tədqiq olunan tərkiblərə daxil olan ayrı-ayrı komponentlər üçün E_g -nin ədədi qiymətləri cədvəl 1-də təsvir olunmuşdur.

Cədvəl 1.

| Şüşəvari tərkiblər | U , [meV] | Orta rabitə enerjisi (U_0) [kcal/mole] | Kohesiv enerji (CE), [kcal/mol.] | α_0 , sm^{-1} | E_0 , eV | $E_g(ex)$ [eV] | $E_g(hes)$ [eV] | E_g , [eV] |
|--|-------------|--|----------------------------------|------------------------|------------|----------------|-----------------|--------------|
| As ₄₀ Se ₆₀ | 101 | 49.44 | 41.2 | 4.4* 10 ⁴ | 1.99 | 1.82 | 1.79 | 1.2(As) |
| As ₄₀ Se ₃₀ Te ₃₀ | 196 | 44.34 | 36.95 | 1.36* 10 ⁴ | 1.44 | 1.59 | 1.274 | 1.99(Se) |
| As ₄₀ Se ₃₀ S ₃₀ | 152 | 51.828 | 43.15 | 2.18* 10 ⁴ | 2.39 | 2.1 | 1.955 | 0.9(Te) |
| As _{33.3} Se _{33.3} S _{33.4} | 153 | 51.094685 | 39.95 | 2.6* 10 ⁴ | 2.38 | 2.04 | 1.8612 | 2.6(S) |
| As _{33.3} Se _{33.3} Te _{33.4} | 609 | 43.3618 | 34.19 | 1,18*10 ⁴ | 1.92 | 1.3 | 1.25907 | |

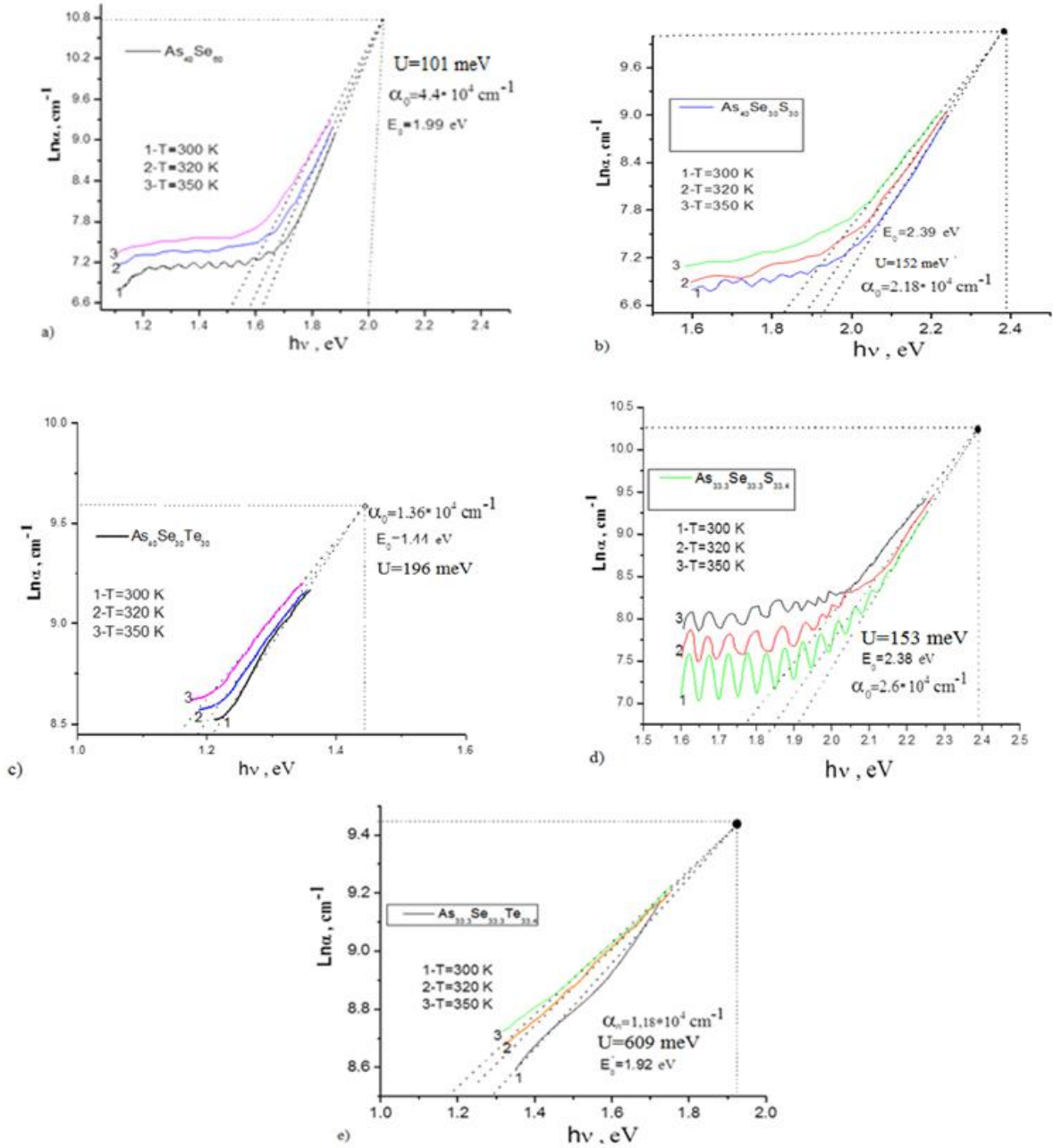
Məlumdur ki, tədqiq olunan maddələrin qadağan zonasında baş verən dəyişikliklərin HŞY materiallar üçün müəlliflər [20] tərəfindən təklif olunan model sayəsində şərh olunması mümkündür. Bu modelə görə halkogen atomları (S, Se, Te) arasında ya da onların arsenium (As) atomları ilə kimyəvi əlaqələri rabitəli (σ - molekulyar orbital), antirabitəli (σ^* - orbital) və cütləşməmiş elektron cütləri orbitalları (LP-orbital) ilə yaranır. Bərk cisimlərdə bu orbitallar zolağa çevrilir. Hesab olunur ki, LP - halları valent zonasının yuxarı (E_V), σ^* -halları isə keçirici zonanın aşağı (E_C) hissəsini yaradır ki, həmin hissələr arasındakı energetik məsafə qadağan zonanın eninə uyğun gəlir. Cədvəldən göründüyü kimi, As₄₀Se₆₀ - tərkibində selenin kükürdlə əvəz olunması nəticəsində optik qadağan zonanın eni artır. Bu halda, cədvəldən göründüyü kimi, atomların qarlaşma sıxlığının nisbətən sabit qalmasına baxmayaraq, orta rabitə enerjisinin qiymətinin nəzərə çarpan dəyişməyə məruz qalması icazəli zona kənarı hallarının dəyişmələri ilə müşayiət olunmalı idi. Doğrudan da, As₄₀Se₆₀-tərkibində mövcud olan selen və arseniumla selen atomları arasında kimyəvi rabitələrin yarısının selenin kükürdlə əvəzlənməsi halında yüksək enerjili rabitələrlə, tellurla əvəzlənməsi halında isə aşağı enerjili rabitələrlə əvəz olunur. Tellur tərkibli nümunələrdə qadağan zonanın eninin kəskin azalması σ^* -orbitalları və Te-Te, Se-Te (halkogenlə zəngin olan tərkiblərdə belə rabitələrin nisbi payı yüksək olur) rabitələrinin LP-orbitallarının selenin yürüklük aralığına düşərək əlavə (quyruq) zona kənarı hallarının artmasına səbəb olması ilə izah olunur [17]. Digər tərəfdən, cədvəl 1-dən göründüyü kimi, tədqiq olunan tərkiblərin kohesiv enerjisi, orta rabitə enerjisinin qiyməti və qadağan zonanın eni arasında korrelyasiya mövcuddur. Yəni, selenin kükürdlə qismən əvəz-

lənəsi sözü gedən fiziki kəmiyyətlərin birgə artmasına, tellurla əvəzlənməsi isə onların analoji olaraq azalmasına səbəb olur.

Tədqiq olunan maddələrdə üstlü asılılıq oblastını xarakterizə edən (2)-tənliyində B - parametri nazik təbəqələrin materialından asılı olub Taus qaydasına uyğun olan udulma kənarının meyilliyini xarakterizə edir. Sözü gedən parametr (B) müxtəlif müəlliflər tərəfindən qeyri-kristal maddələrin nizamsızlıq dərəcəsinin ölçüsü kimi, qəbul olunur [21, 22, 23]. Stexiometrik olan HŞY - tərkiblərdə (cədvəl 1, As₄₀Se₆₀, As₄₀Se₃₀S₃₀, As₄₀Se₃₀Te₃₀) B - parametrinin ədədi qiymətinin yüksək olması onlara məxsus amorf matrisanın təkmil olduğunu göstərir. Lakin, halkogenlə zəngin olan tərkiblərdə (cədvəl 1, As_{33.3}Se_{33.3}S_{33.4}, As_{33.3}Se_{33.3}Te_{33.4}) sözü gedən parametrin (B) ədədi qiymətinin aşağı olması onlarda atomların yerləşməsindəki nizamsızlıq dərəcəsinin yüksək olduğunu sübut edir. Doğrudan da, sözü gedən tərkiblərdə Raman səpilmə spektrlərinin tədqiqi [24, 25] göstərir ki, halkogen atomları arasında homopolyar rabitələrin nisbi payının nəzərə çarpacaq səviyyədə böyük olması nəticədə icazəli zonalar ətrafında lokal halların sıxlığını artırır [17]. Qeyd edək ki, udma kənarı yaxınlığında Urbax qaydasını (3) ifadə edən udulma əmsalı əksər halkogenid şüşələrdə müşahidə olunmuşdur. Odur ki, Urbax qaydasının ödənilməsi halda udulma əmsalının fotonun enerjisindən eksponensial asılılığının təbiətini müəyyənəlmək üçün müəlliflərin [17, 26, 27, 28, 23] müxtəlif mülahizələri mövcuddur. Müxtəlif məqalələrin [27] müəllifləri eksponensial asılılığa malik optik udulma kənarını amorf maddəyə xas quruluş nizamsızlığına səbəb olan daxili sahənin xaoslu fluktuasiyaları ilə əlaqələndirirlər. Sözü gedən xüsusiyyət, digər tədqiqatlara [29, 23] görə, hal sıxlığı enerjiddən eksponensial asılı olan zona kənarı yaxınlığında yerləşən lokal hallar arasındakı elektron keçidləri ilə izah

olunur. Mott və Devis [28] sözü gedən mülahizələrə əks mühakimə irəli sürməklə əksər kristal və qeyri-kristal materiallar üçün udma kənarının eksponensial

gedişinə məxsus olan meylliliyin dəyişməz olduğunu qəbul etmişlər.



Şəkil.2. As_2Se_3 (a), $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{S}_{30}$ (b), $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{Te}_{30}$ (c), $\text{As}_{33.3}\text{Se}_{33.3}\text{S}_{33.4}$ (d) $\text{As}_{33.3}\text{Se}_{33.3}\text{Te}_{33.4}$ (e) halkogenid şüşələrin müxtəlif temperaturalarda Urbax udulma oblastına uyğun spektral asılılıqları.

Aparığımız tədqiqatlar göstərir ki, Urbax enerjisinin((3)-düsturunda U) qiyməti tədqiq olunan HŞY maddələrin kimyəvi tərkibindən asılı olaraq əhəmiyyətli dərəcədə dəyişməyə məruz qalır. Bu nəticələr onu deməyə imkan verir ki, tərkibdən asılı olaraq U -nun dəyişməyə məruz qalması icazəli zonalar kənarında olan lokal hallara uyğun zolağın eni ilə bağlı olub maddənin nizamsızlıq dərəcəsini əks etdirir. Hesab olunur ki, Urbax oblastında udulma bir icazəli zonanın halları ilə digər zonanın eksponensial kənarının (quyruq) lokal halları arasındakı elektron keçidləri ilə əlaqədardır. Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi, tərkibində tellur olan HŞY maddələr üçün Urbax enerjisinin qiyməti daha yüksəkdir.

Tellurla zəngin olan həmin nümunələr ($\text{As}_{33.3}\text{Se}_{33.3}\text{Te}_{33.4}$) üçün σ^* - orbitalları və Te-Te, Se-Te rabitələrinin LP - orbitalları selenə məxsus yüklüklük aralığına düşərək onun qadağan zonasının kiçilməsinə və eksponensial(Urbax) kənarın lokal hallarının artmasına gətirir.

4. NƏTİCƏ.

$\text{As}_{40}\text{Se}_{60}$, $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{Te}_{30}$, $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{S}_{30}$, $\text{As}_{33.3}\text{Se}_{33.3}\text{S}_{33.4}$, $\text{As}_{33.3}\text{Se}_{33.3}\text{Te}_{33.4}$ halkogenid şüşəvari tərkibləri sintez olunaraq şüşə altlıqlar üzərində

1.33×10^{-4} Pa təzyiqli vakuumda termik buxarlandırma üsulu ilə nazik təbəqələr ($d=2\text{mk}$) alınmışdır.

Alınmış nümunələrin optik udulma spektrləri və Urbax udulma kənarının temperatur asılılıqları tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, $\text{As}_{40}\text{Se}_{60}$ -də selenin kükürdlə qismən əvəzlənməsi maddələrin kohesiv enerjisini, orta rabitə enerjisini, qadağan zonanın enini artırır, tellurla əvəzlənməsi isə onların analogi olaraq azalmasına səbəb olur.

Urbax udma kənarı icazəli zonaların kənarında lokal halların mövcudluğu ilə izah olunmuşdur. Tellurla zəngin olan tərkibdə ($\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{Te}_{33,4}$) Urbax enerjisinin (U) yüksək qiymət alması σ^* -orbitalları və Te-Te, Se-Te rabitələrinə məxsus LP - orbitalların selenin yürekliyə aralığına düşərək onun qadağan zonasını kiçiltməsi və lokal hallar oblastının genişlənməsi ilə əlaqələndirilmişdir.

- [1] A. Zakery, S.R. Elliott. Optical Nonlinearities in Chalcogenide Glasses and their Applications, 2007, IX, 202 p., Harcover, ISBN: 978-3-540-71066-0.
- [2] Chalcogenide Glasses, Preparation, Properties and Applications, 2014, Ed. by: Adam J-l and Zhang X., ISBN: 978-0-85709-345-5.
- [3] K. Tanaka, K. Shimakawa. Amorphous Chalcogenide Semiconductors and Related Materials, 2011, Springer, Science-Bus. Media, LLC.
- [4] G. Yang, B. Bureau, T. Rouxel, Y. Gueguen, O. Gulbitten, C. Roiland, E. Soignard, J.L. Yarger, J.Troles, J-C. Sangleboeuf, and P. Lucas. Phys. Rev., 2010, B 82, 195206.
- [5] M. Bauchy, M. Micoulaut. J/Non-Cryst. Solids 2013, 377, 34-38.
- [6] S. I. Simdyankin, S.R. Elliott, Z. Hajnal, T.A. Niehaus, and Th. Frauenheim. Phys. Rev, 2004, B69, 144202.
- [7] P. Srivastava, H. S. Mund, Y. Sharma. Physica B, 2011, 406, 3083.
- [8] F.Y. Lin, O. Gulbitten, Z.Y. Yang, L. Calvez, P. Lucas. Journal of Physics D-Applied Physics 2011, 44, 045404.
- [9] J. Kalužný, D. Ležal, E. Mariani, J. Pedlíková, V. Labaš. 12th International scientific conference „CO-MAT-TECH 2004“, MtF STU Trnava, Trnava 2004, p. 553-560. ISBN: 80-227-2121-2.
- [10] S. A. Dembovskii. Phys.Chem. Classes, 10, 1969, 73.
- [11] J.P. De Neufville and H.K. Rockstad. in: Amorphous and Liquid Semiconductors, vol. 1, ed. J. Stuke and W. Breng (Taylor and Francis, London, 1974, p. 419
- [12] L. Tich, H. Tich and V. Smrcka. Mater. Lett. 15, 1992, 202.
- [13] A.N. Sreeram, D.R. Swiler and A.K.Varshneya. J. Non-Cryst. Solids 1991, 127, 287.
- [14] L. Tich, H. Tichd. Journal of Non-Crystalline Solids, 1995, 189, 141-146.
- [15] K. Tanaka. Solid State Commun. 54, 1985, 807.
- [16] K. Tanaka. J. Non-Cryst Solids. 1980, 35-36:1023-34.
- [17] К.Д. Цендина. Электронные явления в халькогенидных стеклообразных полупроводниках, изд. Наука, 1996.с. 317-324.
- [18] F. Urbach. Phys. Rev. 1953, 92,1324.
- [19] K. Shimakawa. J. Non-Cryst. Sol., 1981, 43, 229.
- [20] M. Kastner. Phys. Rev. Letters. 1972, vol. 28, No.6, 355.
- [21] M. Behera, P. Naik, R. Panda, R. Naik. Optical Materials 2017, 66, 616-622.
- [22] H. Kong, J.B. Yeo, H.Y. Lee. J. Korean Ceramic Society, 2017, 54(6), 484-491.
- [23] Y. Utsugi and Y. Mizushima. J. Appl. Phys., 1980, vol. 51, n.3, p. 1772-1779.
- [24] R.I. Alekberov, S.I. Mekhtiyeva, A.I. Isayev, M. Fábíán. J. Non-Cryst. Sol, 2017, 470, 152-159.
- [25] Р.И. Алекберов, С.И. Мехтиева, Г.А. Исаева, А.И. Исаев. ФТП, 2014, том 48, вып. 6, с.823-826.
- [26] Н. Момт, Э. Девус. «Электронные процессы в некристаллических веществах» пер. под ред. Б.Т. Коломийца, Мир, М. 1982.
- [27] J.D. Dow, D. Redfield. Phys. Rev., 1972, B5, 594.
- [28] E.A. Davis, N.F. Moot. Philos. Mag. 1970, 22, 903.
- [29] С. И. Мехтиева, Д. Ш. Абдинов. «Развитие физики селена», Баку, Элм, 2000, 232 с.

R.I. Alekberov

THE OPTICAL PROPERTIES OF As-Se, As-Se-S, As-Se-Te CHALCOGENIDE GLASSY SEMICONDUCTOR SYSTEMS

The researches of optical absorption spectra and temperature dependence of Urbach absorption edge in $\text{As}_{40}\text{Se}_{60}$, $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{Te}_{30}$, $\text{As}_{40}\text{Se}_{30}\text{S}_{30}$, $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{S}_{33,4}$, $\text{As}_{33,3}\text{Se}_{33,3}\text{Te}_{33,4}$ compositions are carried out in the work.

It is established that there is a correlation between cohesive energy, average bond energy and width of forbidden band of the investigated systems. The partial substitution of selenium by sulfur leads to increase of the given physical values and substitution by tellurium leads to decrease of physical values. The results show that the value of Urbach energy (U) reflecting the material irregularity degree is higher in the samples riched by tellurium (Te) in comparison with sulfur (S).

R.I. ƏLƏKBƏROV

Р.И. Алекберов

**ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКЛООБРАЗНЫХ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СИСТЕМ As-Se, As-Se-S , As-Se-Te**

В работе проводились исследования спектров оптического поглощения и температурной зависимости края Урбаха в составах $As_{40}Se_{60}$, $As_{40}Se_{30}Te_{30}$, $As_{40}Se_{30}S_{30}$, $As_{33,3}Se_{33,3}S_{33,4}$, $As_{33,3}Se_{33,3}Te_{33,4}$.

Установлено, что существует связь между когезионной энергией, величиной средней энергии связи и шириной запрещенной зоны изучаемых систем. Частичное замещение селена серой приводит к увеличению вышеуказанных физических величин, а замещение теллуром наоборот- к уменьшению. Результаты показывают, что по сравнению с серой (S) значение энергии Урбаха (U), отражающее степень неупорядоченности материала выше в образцах, богатых теллуром (Te).

Qəbul olunma tarixi: 04.04.2019