

Sb-Se XALKOGENİD ŞÜŞƏVARI SİSTEMİNDƏ QIZDIRILMA SÜRƏTİNİN KÖVRƏKLİK ƏMSALINA TƏSİR MEXANİZMLƏRİ

S.İ. MEHDİYEVƏ, R.İ. ƏLƏKBƏROV, H.İ. MƏMMƏDOVA, R.F. SADIXLI

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil nazirliyi,
Akademik Həsən Abullayev adına Fizika İnstitutu,
Bakı, Az 1073, H.Cavid, 131
E-mail: Rahim-14@mail.ru*

Məqalədə Sb₈₀Se₂₀ xalkogenid tərkibə məxsus şüşəyə keçid prosesləri 20÷300 °C temperatur intervalında qızdırılma sürətindən asılı olaraq diferensial skanlayıcı kalorimetriya (DSK) metodu ilə tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, qızdırılma sürətinin artması (q) nəticəsində ($q=2,5-17,5^{\circ}\text{C/dəq}$ intervalında) kövrəklik əmsalının (m) zəif azalmaya məruz qalması tərkibin termal sabilliyinin (ΔT) qismən artmasına gətirir ki, bu da şüşə-formalaşma qabiliyyətinin (və ya Hruby ədədi (H_r)), termal sabillik parametrlərinin (H', S) zəif artması ilə nəticələnir.

Açar sözlər: xalkogen, şüşə, amorf, kövrəklik əmsalı.

PACS: 81.05.Gc

GİRİŞ

Son illər stabil fiziki xassələrə malik şüşələrin alınma mexanizmlərinin aşkarlanması üçün xalkogenid şüşələrin istilik xassələri qızma (q) və soyuma sürətindən asılı olaraq intensiv tədqiq edilir. Şüşə halına keçidin dinamikası və quruluş relaksasiya mexanizmlərinin mükəmməl araşdırılması tədqiqatçılar qarşısında duran əsas problemlərdəndir [1, 2]. Kövrəklik və ya kinetik kövrəklik konsepsiyasının [2] təklif olunması nəticəsində daxil edilən kövrəklik (m) əmsalı anlayışının özlülüyün dəyişməsinə makroskopik olaraq kəmiyyətə xarakterizə etməsinə baxmayaraq, onun maddənin quruluş dəyişmələri, qızdırılma sürəti (q), atomların makroskopik miqyaslı hərəkətləri baxımından dəyişmələrinin fiziki səbəbləri hazırkı dövrə qədər birmənalı izahını tapmamışdır. Tədqiqatlar [3] göstərir ki, “sərt” şüşələrdə (SiO_2) özlülüğün temperaturdan asılı olaraq Arrhenius formuluna tabe olması əsasən bir makroskopik mexanizmlə, məsələn- Si-O rabitələrinin qırılması, və ya zəncirlərarası sürüşmələrlə izah olunur. Bundan fərqli olaraq kövrək şüşələrdə (Se, Te və.s) özlülüğün temperaturdan asılı Arrhenius formuluna tabe olmaması zəncirlərarası və zəncirdaxili qarışıq təsir mexanizmləri ilə əlaqədardır. Müəllif [3] sübut edir ki, kövrək şüşələrdə kövrəklik əmsalının (m) qiyməti yalnız topoloji rabitəliliklə, yəni yalnız quruluşun yaxın nizamlılığını xarakterizə edən orta koordinasiya ədədi (məsələn Se üçün orta koordinasiya ədədi $Z=2$ -dir) ilə müəyyən edilə bilməz. Kövrəklik əmsalı nisbətən yüksək olan ($m_{\text{Se}} \sim 50$ -dir [4]) amorf selendə fotoinduksiyanlanmış lokal quruluş dəyişmələrinin baş verməsi də, yuxarıda söylənilən nəticələrin təsdiqi edir [5]. Aşkar olunmuşdur ki, Se-də fototüündləşmə effektinin baş verməsi zəncir qırılması nəticəsində şəkəkdə şəxələnmiş zəncirlər əmələ gətirən üçqat koordinasiyanın (Se^{+3}) formalaşması rabitə və dihedral bucaqlarda kənaraçıxmalarla bağlıdır [5]. İon qarşılıqlı təsir modeli və geniş miqyaslı molekulyar dinamik kompüter simulyasiyaları tətbiq olunaraq şüşə formalaşan tetrahedral sistemlərdə (BeF_2 , SiO_2 , GeO_2 , ZnCl_2 , GeS_2 , ZnBr_2 və GeSe_2) tetrahedrlərarası rabitə bucağının paylanma sıxlığından asılı olaraq anion

polyarlaşma qabiliyyətini dəyişməklə şəkəke topologiyası tədqiq olunaraq kövrəklik əmsalına ciddi təsir edən struktur faktorları araşdırılmış və mühüm nəticələr əldə olunmuşdur [6]. Müəyyən olunmuşdur ki, rabitə bucağı $\theta \leq 120^{\circ}$ şərtini ödəyən yan-sərhədli quruluş (edge-sharing units) elementlərinin bucaq-paylanma sıxlığı üstünlüyə malik olan şüşəvari tetrahedral sistemlərdə kövrəklik əmsalı ($m > 20$) daha yüksək olur [6]. Xalkogenid şüşələrdə şəkəke rabitəliliyinin artması nəticəsində kövrəklik əmsalının azalması və izostatik şüşə halında ($z=2,4$) minimum qiymətə malik olması da ciddi maraq doğuran nəticə hesab olunur [7]. Binar Se-Sb sisteminin termik xassələrinin tədqiqi zamanı müəlliflər eksperimental olaraq sübut etmişlər ki, tərkibində 4 at% Sb olan $\text{Se}_{96}\text{Sb}_4$ -sistemi daha yüksək termik sabilliyə malikdir və bu da həmin tərkib üçün orta koordinasiya ədədinin $Z \sim 2.04$ -qiymətinə uyğundur. Bu nəticə kimyəvi baxımdan daha nizamlı sistemin yaranması ilə izah olunmuşdur [8]. Bu qəbildən olan digər tədqiqatlar göstərir ki, tərkibində 50at% Sb olan binar $\text{Sb}_{50}\text{Se}_{50}$ sistemi termik baxımdan daha stabil olub, kristallaşmanın minimal aktivləşmə enerjisində ($E_c \sim 2,5$) malikdir [9]. Binar Sb_2Se_3 tərkibinin kristallaşma kinetikası araşdırılaraq onların foto-termal optik yaddaş və inteqral fotonika qurğuları üçün perspektivli olduğu aşkar olunmuşdur [10]. Elmi ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, qeyri-kristal maddələrdə kövrəklik əmsalının aşağı sərhəddinin (m_{min}) birbaşa hesablanması zəruri məsələ olub, müəyyən nəzəri modellərin tətbiqini tələb edir. Odur ki, əksər məqalə və kitablarda m_{min} -un aşağı sərhəddi üçün $m_{\text{min}} \approx 16$ [11], $m_{\text{min}} \geq 17$ [3], $m_{\text{min}} \approx 15$ [12] qiymətləri götürülmüş və maraqlı nəticələr alınmışdır. Qeyd olunan tədqiqatların ümumi məzmunundan belə nəticəyə gəlinir ki, tədqiq olunan maddələrdə m_{min} -un hesablanması maddənin istilik xassələrinin daha ciddi analizinə imkan verir. DSK-a təcrübələrindən alınan nəticələrə “miqyaslı özlülük” modeli tətbiq olunaraq [13] kövrəklik əmsalının aşağı sərhəddinin (m_{min}) birbaşa hesablanması mümkün olmuşdur.

Məqalənin əsas məqsədi və elmi ideyası diferensial skanlayıcı kalorimetriya (DSK) təcrübələrinin nə-

ticələrinə C.T. Moynihan [14] formulu (1) tətbiq etməklə maddənin qızdırılma sürətinin (q) şüşəyə keçid proseslərinə təsir mexanizmlərini müəyyənləşdirməkdir.

2. TƏCRÜBƏ METODİKASI VƏ NÜMUNƏLƏRİN ALINMASI

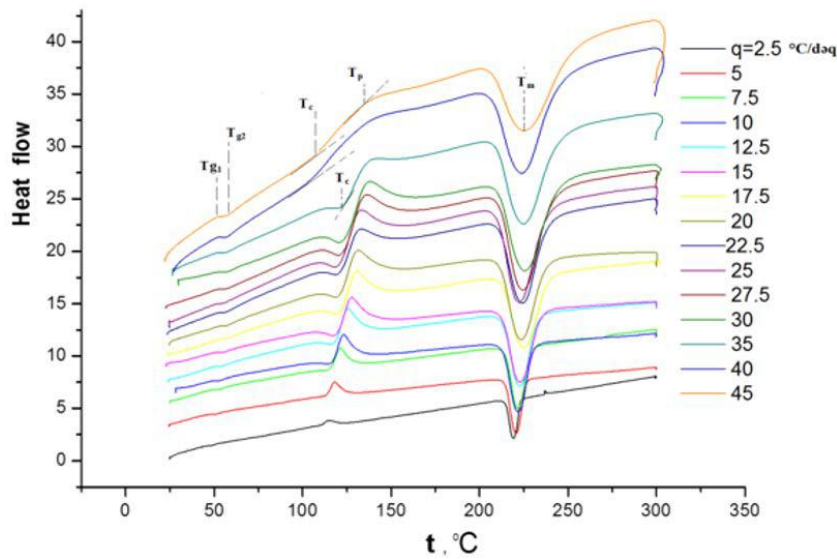
Təcrübələrin aparılması üçün $Sb_{80}Se_{20}$ xalkogenid şüşəvari tərkibi daxil diametri $10 \div 15$ mm və havası 10^{-4} tor təzyiqə qədər sorulmuş kvarts ampulada fırlanan soba üsulu ilə $t=900^{\circ}C$ temperaturunda 10 saat saxlamaqla, 24 saat ərzində sintez olunmuşdur. Sintez prosesinin sonu söndürülmüş soba rejimində həyata keçirilmişdir. Diferensial skanlayıcı kalorimetriya (DSK) təcrübələri $t=20 \div 300^{\circ}C$ temperatur intervalında

STA3000 sinxron termal analiz qurğusunda yerinə yetirilmiş, maddənin qızdırılma sürəti isə $q=2,5 \div 45K/dəq$ intervalında dəyişdirilmişdir. DSK –eksperimentlərinə də alüminium (Al) küveytlərə $m=52$ mg miqdarında maddə doldurulmuşdur.

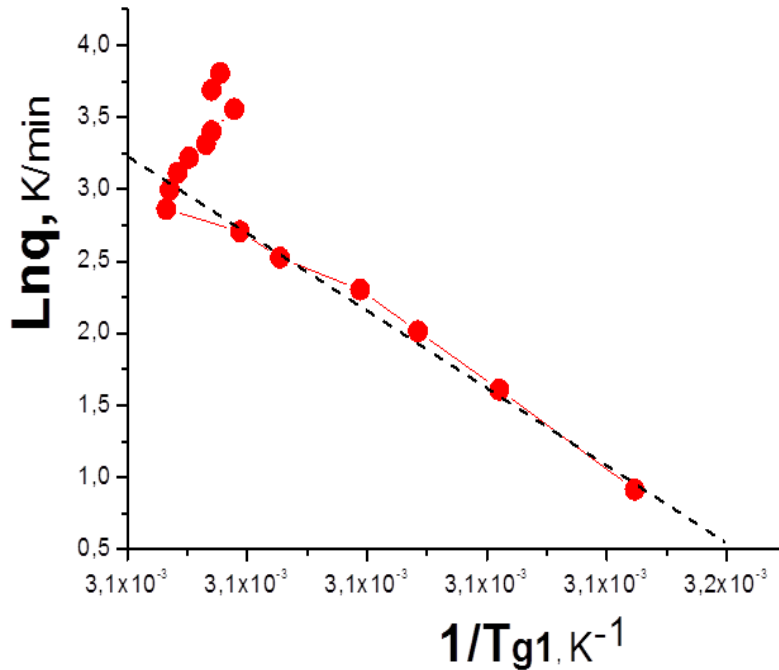
1. 3. NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

Şəkil 1-də xalkogenid şüşəvari Se_xSb_{100-x} ($x=80at. \%$) tərkibli maddənin qızdırılma sürətinin (q) müxtəlif qiymətlərində ($q=2,5-45^{\circ}C/dəq$) diferensial skanlayıcı kalorimetriya əyriləri təsvir olunmuşdur.

Müxtəlif qızdırılma sürətlərinə (q) uyğun diferensial skanlayıcı kalorimetriya (DSK) əyrilərindən təyin olunan şüşəyə keçid temperaturlarının tərs qiymətləri ($1/T_{g1}$) və qızdırılma sürətinin (q) loqarifmik qiymətləri arasında asılılıqlar şəkil 2-də təsvir olunmuşdur.



Şəkil 1. Se_xSb_{100-x} ($x=80 at. \%$) tərkibinə məxsus diferensial skanlayıcı kalorimetriya əyriləri.



Şəkil 2. Xalkogenid şüşəvari Se_xSb_{100-x} ($x=80 at. \%$) tərkibində şüşəyə keçid temperaturlarının tərs qiymətləri ($1/T_{g1}$) ilə maddənin qızdırılma sürətinin (q) loqarifmik qiymətləri arasında asılılıqlar.

Şəkil 2-də təsvir olunan nəticələrə əsasən şüşəyə keçid temperaturunun (T_g) maddənin qızdırılma sürətindən (q) asılı olduğunu nəzərə alaraq müəllif [14] tərəfindən təklif olunan aşağıdakı düsturdan (1) istifadə edərək struktur relaksasiyanın aktivləşmə entalpiyasının (ΔE_{Tg}) universal qaz sabitinə (R) nisbəti hesablanmışdır.

$$\frac{-\Delta E_{Tg}}{R} = \frac{d(\ln q)}{d(1/T_g)} \quad (1)$$

(1)-düsturuna əsasən hesablanan $\Delta E_{Tg}/R$ -nisbətini [1]-işində kövrəklik əmsalı (m) üçün təklif olunan düsturda aşağıdakı alternativ yanaşma [15] ilə m -əmsalı hesablanmışdır.

$$m \equiv \frac{d \log \tau}{(d(T_g/T))} \Big|_{T=T_g} = \frac{\Delta E_{Tg}}{(\ln 10)RT_g} \quad (2)$$

Müəyyən olunmuşdur ki, (2)-düsturuna əsasən kövrəklik əmsalının (m) hesablanan qiyməti təqribən $m \sim 36 \div 37$ tərtibində olub, qızdırılma sürətindən (q) asılı olaraq zəif dəyişir.

Cədvəl 1.

Xalkogenid şüşəvari Se_xSb_{100-x} ($x=80$ at.%) tərkibində DSK eksperimentlərindən alınan nəticələr: q - qızdırılma sürəti, T_{g1} -şüşəyə keçidin başlanğıc temperaturu, T_{g2} -şüşəyə keçidin son temperaturu, m - kövrəklik əmsalı, T_c -kristallaşmaya keçid temperaturu, T_p -kristallaşma pikinin temperaturu, T_m -ərimə temperaturu

$q, ^\circ\text{C/dəq}$	T_{g1}, K	T_{g2}, K	$m(T_{g1})$	$m(T_{g2})$	T_c, K	T_p, K	T_m, K
2,5	318	321,2	37,45	37,08	382,7	387,2	492,2
5	320,3	324,16	37,19	36,74	384,7	391,2	493,4
7,5	321,7	325,45	37,02	36,60	385,9	394,2	494,7
10	322,7	326,1	36,91	36,52	387,4	396,2	494,9
12,5	324,1	327,1	36,75	36,41	389,2	398,6	495,9
15	324,8	328,5	36,67	36,26	390,8	400,9	495,8
17,5	326,1	329,4	36,52	36,16	392,8	403,7	498
20	326,04	329,13	36,53	36,19	392,2	404,2	496,6
22,5	325,9	329,9	36,55	36,10	392,2	405,7	497,2
25	325,7	328,2	36,57	36,29	391,4	406,2	495,1
27,5	325,4	330	36,60	36,09	393,3	409,1	497,3
30	325,3	330,2	36,61	36,07	393,8	410,6	498,6
35	324,9	329,45	36,66	36,15	393,8	414,3	497,9
40	325,3	330,2	36,61	36,07	379	415,7	496,9
45	325,15	329,9	36,63	36,10	381	416	498,5

Cədvəl 2.

Xalkogenid şüşəvari Se_xSb_{100-x} ($x=80$ at.%) tərkibində şüşə-formalaşma qabiliyyəti və ya Hruby ədədi (H_r), termal sabillik parametrləri ($\Delta T, H', S$) və kiçildilmiş şüşə keçid temperaturu (T_{rg})

$q, ^\circ\text{C/dəq}$	$\Delta T, \text{K}$	H'	S, K	$T_{rg}=T_g/T_m$	H_r
2,5	61,5	0,191	0,8731	0,652	0,586
5	60,54	0,186	1,21394	0,656	0,592
7,5	60,45	0,185	1,54167	0,657	0,601
10	61,3	0,187	1,65422	0,658	0,621
12,5	62,1	0,189	1,78459	0,659	0,638
15	62,3	0,189	1,91546	0,662	0,656
17,5	63,4	0,192	2,09794	0,661	0,672
20	63,07	0,191	2,29952	0,662	0,682
22,5	62,3	0,188	2,54941	0,663	0,680
25	63,2	0,192	2,84997	0,662	0,710
27,5	63,3	0,191	3,03073	0,663	0,717
30	63,6	0,192	3,23586	0,662	0,722
35	64,35	0,195	4,00417	0,661	0,769
40	48,8	0,147	5,42386	0,664	0,600
45	51,1	0,154	5,42134	0,661	0,619

DSK-əyrilərindən təyin olunan (cədvəl 1) şüşəyə və kristallaşmaya keçid temperaturları (T_{g1}, T_{g2}), kristallaşma pikinə və əriməyə uyğun temperaturlar (T_p, T_m) aşağıdakı düsturlarda [16, 17, 18, 19] nəzərə alınaraq şüşə-formalaşma qabiliyyəti və ya Hruby ədədi (H_r),

termal sabillik parametrləri (H', S) və kiçildilmiş şüşə keçid temperaturu (T_{rg}) hesablanaraq cədvəl 2-də təsvir olunmuşdur.

$$H_r = \frac{T_c - T_g}{T_m - T_c} \quad (3)$$

$$H' = \frac{T_c - T_g}{T_g} \quad (4)$$

$$S = \frac{(T_p - T_c)(T_c - T_g)}{T_g} \quad (5)$$

$$T_m = \frac{3T_g}{2} \quad (6)$$

Məlumdur ki, praktiki tətbiq üçün stabil şüşələrin alınması mühüm əhəmiyyətə malikdir. Buna görə də, xalkogenid şüşələrin xüsusiyyətlərinin qızdırma və soyutma sürətindən asılılığının müəyyən olunması aktualıq kəsb edir. Yüksək temperaturda özlü maye halında olan şüşə ərintisinin sürətli soyudulması nəticəsində yüksək özlülüklə xarakterizə olunan bərk şüşə halına keçidin dinamikası və quruluş relaksasiya mexanizmlərinin araşdırılması tədqiqatçılar qarşısında duran əsas problemlərdir [1,2]. Tədqiqatların təhlili göstərdi ki, özlü mayenin sürətlə soyudulması zamanı kristallaşmasız çox yüksək özlü hala keçərkən relaksasiya müddəti (τ) də sürətlə artır [20, 21]. Belə kəskin soyudulma ərzində özlülüynün və relaksasiya müddətinin sıçrayışla artması maddənin qeyri-bircinsliyinin artması ilə izah edilmiş, baş verən relaksasiya isə α -relaksasiya adlandırılmışdır [20, 21]. Müxtəlif müəlliflər [22, 23] α -relaksasiyası müşahidə edilən maddələrdə kövrəklik əmsalını (m) konfigurasiyal entropiyanın generasiya ölçüsü kimi xarakterizə etmişdir. 1988-ci ildə C. Austen Angell sürətli soyudulmuş mayelərdə özlülüynün temperatur asılılığını öyrənərkən şüşələri iki təsnifata bölmüşdür:

1. Özlülüynün temperaturdan asılılığı Arrhenius formuluna tabe olan maddələr. Bu halda özlülüynün temperaturdan asılılığı aşağıda təsvir olunan Arrhenius formuluna (7) tabe olub, C. Austen Angell tərəfindən davamlı və ya sərt şüşələr adlandırılmışdır.

$$\eta(T) = A \exp[E_a / (k_B T)] \quad (7)$$

(7)-düsturunda E_a -aktivləşmə enerjisi olub, temperaturdan asılı deyil.

2. Özlülüynün temperaturdan asılılığı Arrhenius formuluna tabe olmayan maddələr. Bu halda özlülüynün temperaturdan asılılığı aşağıda təsvir olunan Vogel-Fulcher-Tammann (VFT) formuluna (8) tabe olub, C. Austen Angell tərəfindən kövrək şüşələr adlandırılmışdır.

$$\eta = \eta_0 \exp\left(\frac{B_{VFT}}{T - T_0}\right) \quad (8)$$

Deyilənləri nəzərə alaraq Avstraliya-Amerikanın fiziki-kimya alimi C. Austen tərəfində kövrəklik və ya kinetik kövrəklik konsepsiyası təklif olunmuşdur [2]. Qeyd olunan konsepsiyaya əsasən kövrəklik (m), şüşə əmələ gətirən mayenin özlülüynünün soyutma zamanı təxminən $\eta \approx 10^{12.3} \text{Pas}$ -ə bərabər böyük qiymətlərə hansı sürətlə yaxınlaşdığını xarakterizə edir. Başqa sözlə desək, kövrəklik (m) özlülüynün temperaturdan asılılığının dikliyini xarakterizə edir. Bu asılılığın dikliyi yüksək olan materiallarda kövrəklik yüksək olur. Kövrəklik (m) əsasən müxtəlif şüşələşmə qabiliyyətinə malik olan maddələrdə dinamik heterogenliyin varlığı ilə izah edilir. Müəllif [2] sübut etmişdir ki, (7)-düsturuna tabe olan "sərt" şüşələr üçün kövrəklik əmsalının qiyməti $m \leq 15 \div 17$ (məsələn, SiO_2 və GeO_2 üçün $m \approx 17-20$ [4, 24]) şərtini ödədiyi halda, kövrək şüşələrdə $15 \div 17 \leq m \leq 200$ (məsələn, As_2S_3 -də $m \sim 35$, Se-də isə $m \sim 50$ -dir [4]) intervalında dəyişərək daha böyük qiymətlərə olur. Müəyyən olunmuşdur ki, polimerik və molekulyar şüşələrdə kövrəklik $m > 100$ şərtini ödəyir [25]. Tədqiqatlar göstərir ki, orta və yüksək kövrəklik əmsalına ($m \geq 50$) malik maddələrin ləng soyudulma rejimi halında (yəni, α -relaksasiya müddəti $10^{-5} \leq \tau_a \leq 10^2 \text{s}$ şərtini ödəyərsə) gərilmə əmsalı (β), demək olar ki, temperaturdan asılı olmur [26]. $\tau_a \leq 10^{-6} \text{s}$ olduqda isə β temperaturdan güclü asılı olur [26]. Beləliklə, termodinamik yanaşma tətbiq edərək belə qənaətə gəlinir ki, xalkogenid şüşəvari $\text{Se}_x\text{Sb}_{100-x}$ ($x=80$ at.%) tərkibində qızdırılma sürətinin artması nəticəsində kövrəklik əmsalının (m) zəif azalmasının (q -nün $2.5-17.5^\circ\text{C}/\text{dəq}$ intervalında), şüşəyə keçid temperaturunun (T_g) isə zəif artmasının (cədvəl 1) əsas səbəbi entropiyanın dəyişməsinin (ΔS) zəif azalmasıdır. Bu nəticə qızdırılma sürətinin artması (q) nəticəsində entropiyanın dəyişməsinin (ΔS) və kövrəklik əmsalının (m) zəif azalmaya məruz qaldığı intervalda tərkibin termal stabilliyinin qismən artmasına gətirir. Şüşəvari tərkibin termal stabilliyinin artması həmçinin şüşə-formalaşma qabiliyyətinin (və ya Hruby ədədi (Hr)), termal stabillik parametrlərinin (H' , S) və kiçildilmiş şüşə keçid temperaturunun (T_{rg}) qismən artmasına gətirib çıxarır (cədvəl 2).

3. XÜLASƏ

Eksperimentlərin nəticələri göstərir ki, $\text{Sb}_{80}\text{Se}_{20}$ xalkogenid şüşəvari maddəsinin qızdırılma sürətinin $q=2.5-17.5^\circ\text{C}/\text{dəq}$ intervalında artması kövrəklik əmsalının (m) zəif azalmasına, $q=17.5-45^\circ\text{C}/\text{dəq}$ intervalında isə, olduqca zəif ossilyasiyalarla müşahidə olunan artma və nisbətən sabitləşməsinə səbəb olur. Göstərilmişdir ki, $q=2.5-17.5^\circ\text{C}/\text{dəq}$ intervalında şüşəyə keçid temperaturunun (T_g) zəif artmasının (cədvəl 1) əsas səbəbi $T_0 \div T_g$ intervalında entropiyanın dəyişməsinin (ΔS) zəif azalmaya məruz qalmasıdır.

- [1] P.G. Debenedetti, F.H. Stillinger. Nature 410, 2001, 259-267.
 [2] C. A. Angell. "Formation of Glasses from Liquids and Biopolymers". Science. 1995, 267 (5206): 1924-1935.

- [3] K. Tanaka. Fragility of 1D floppy materials. Phys. Stat. Sol. B 2000206, 2020.
 [4] K. Tanaka. Amorphous Chalcogenide Semiconductors and Related Materials, K. Tanaka, K. Shimakawa, Springer Nature Switzerland AG, 2021, 310 p.

- [5] *Yoshifumi Sakaguchi and Kozaburo Tamura*. Z. Phys. Chem. 235, 2021, 189–212.
- [6] *M. Wilson, P.S. Salmon*. Network topology and the fragility of tetrahedral glass-forming liquids, Phys. Rev. Lett, 103, 2009, 157801.
- [7] *D.L. Sidebottom*. Fifty years of fragility: A view from the cheap seats. J. Non-Cryst. Solids 524, 2019, 119641.
- [8] *N. Mehta, R.S. Tiwari, A. Kumar*. Materials Research Bulletin 41, 2006, 1664–1672.
- [9] *D. Dimitrov, D. Tzochcheva, D. Kovacheva*. Thin Solid Films 323, 1998, 79–84.
- [10] *Roman Svoboda, Jan Prikryl, Alexander V. Kolobov, Milos Krbal*. Ceramics International 48, 2022, 17065–17075.
- [11] *R. Böhmer, K. L. Ngai, C. A. Angell and D. J. Plazek*. J. Chem. Phys. 99, 1993, 4201-4209,
- [12] *E. Donth*. The Glass Transition Relaxation Dynamics in Liquids and Disordered Materials, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, 2001, 411p
- [13] *N. Bulat Galimzyanov, Anatolii V. Mokshin*. Journal of Non-Crystalline Solids 570 (2021) 121009
- [14] *C.T. Moynihan, A.J. Wilder, J. Tucker*. J. Phys. Chem. 78, 1974, 2673-2677.
- [15] *J. Kieran. Crowley, George Zografii*// Thermochimica Acta 380, 2001, 79-93.
- [16] *A. Hruby*. "Evaluation of Glass-Forming Tendency by Means of DTA," J. Physics B, vol. 22, 1972, p. 1187.
- [17] *M.M. Soraya, Fouad Abdel-Wahab, A.A.Elamin, E.R. Shaaban, N.N. Ali Karrar*. Structural and thermal characteristics of $\text{Ge}_{30-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{10}\text{Se}_{60}$ ($0 \leq x \leq 20$) glasses for electronic devices, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry 148, 2023, pp. 5927–5942.
- [18] *W. Kauzmann*. The nature of the glassy state and the behavior of liquids at low temperatures. Chem. Rev. 43, 1948, pp. 219–256.
- [19] *L.-M. Wang, Z. Li, Z. Chen, Y. Zhao, R. Liu, Y. Tian*. Glass transition in binary eutectic systems: Best glass-forming composition. J. Phys. Chem. B 114, 2010, pp. 12080–12084.
- [20] *E. Hempel, G. Hempel, A. Hensel, C. Schick, E. Donth*. J. Phys. Chem. B 104, 2000, 2460-2466.
- [21] *S. Capaccioli, G. Ruocco, F. Zamponi*. J. Phys. Chem. B 112, 2008, 10652-10658.
- [22] *R. Richert, C.A. Angell*. J. Chem. Phys. 108, 1998, 9016-9026.
- [23] *C.A. Angell, B.E. Richards, V. Velikov*: J. Phys. Condens. Matter 11, 1999, A75- A94.
- [24] *C.A. Angell*. J. Non. Cryst. Solids 73, 1985, 1-17.
- [25] *J.J.M. Ramos, N.T. Correia, H.P. Diogo, C.Alvarez, T.A. Ezquerra, J. Non. Cryst. Solids* 351, 2005, 3600-3606.
- [26] *Sabyasachi Sen, Jacob Lovi*, J. Non. Cryst. Solids, vol.638, 2024, 123060.

S.I. Mekhtiyeva, R.I. Alekberov, H.I. Mammadova, R.F. Sadikhli

MECHANISMS OF INFLUENCE OF HEATING RATE ON FRAGILITY COEFFICIENT IN Sb-Se CHALCOGENIDE GLASSY SYSTEM

In the article, the glass transition processes of the $\text{Sb}_{80}\text{Se}_{20}$ chalcogenide composition were studied by the differential scanning calorimetry (DSC) method depending on the heating rate in the temperature range of $t=20\div 300^\circ\text{C}$. It was determined that as a result of the increase in the heating rate (q) (in the range of $q=2.5-17.5^\circ\text{C}/\text{min}$), the "fragility" coefficient (m) undergoes a slight decrease, which leads to a partial increase of thermal stability (ΔT) and a weak increase of glass-forming ability [or Hruby number (Hr)], thermal stability parameters (H' , S).

С.И. Мехтиева, Р.И. Алекперов, Х.И. Мамедова, Р.Ф. Садыклы

МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ НАГРЕВА НА КОЭФФИЦИЕНТ ХРУПКОСТИ В ХАЛЬКОГЕНИДНОЙ СТЕКЛООБРАЗНОЙ СИСТЕМЕ Sb-Se

В статье методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) исследованы процессы стеклования халькогенидного состава $\text{Sb}_{80}\text{Se}_{20}$ в зависимости от скорости нагрева в интервале температур $t=20\div 300^\circ\text{C}$. Установлено, что в результате увеличения скорости нагрева (q) (в диапазоне $q=2,5-17,5^\circ\text{C}/\text{мин}$) коэффициент «хрупкости» (m) претерпевает незначительное снижение, что приводит к частичному увеличению термостабильности (ΔT) и слабому увеличению стеклообразующей способности (или числа Гроби (Hr)) и параметров термостойкости (H' , S).

Qəbul olunma tarixi: 11.09.2024