

$PbS - Bi_2S_3 - SnS$ SİSTEMİN FAZA TARAZLIQLARI

Sərxan QASIMOV

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, magistrant
E-mail: qasimovsrxan68@gmail.com

Professor Mehpara ADIGÖZƏLOVA

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
E-mail: mehpara.adigozalova@asoiu.edu.az

Received: 15 Mai 2026

Revised: 5 June 2026

Accepted: 25 June 2026

UOT: 546.28; 548.73

DOI: <https://doi.org/10.32010/JKFX7368>

Xülasə: Fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə: Differensial-termiki (NTR-73), rentgen-faza (DRON-3, $CuK\alpha$ şüaları, Ni filtri), mikroquruluş (MIM-7), mikrobərkliyin ölçülməsi (PMT-3) və sıxlıq təyini vasitəsilə $SnS - Bi_2S_3 - PbS$ üçlü sistem öyrənilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, üç dördlü sulfid $PbSnBi_6S_{11}$, $PbSnBi_4S_8$ və $Pb_2SnBi_2S_6$ birləşmələri konqruent ərimə xüsusiyyətinə malikdir. $PbSnBi_4S_8$ birləşmə 825K temperaturda konqruent olaraq əriyir. $PbSnBi_4S_8$ birləşməsi isə ortorombik sinqoniyaya (heksaqonal aspektdə) aiddir, qəfəs parametrləri $a=19.67$; $c=7.9$ -a bərabərdir. Rentgen quruluş analizinin nəticələri göstərmişdir ki, dördlü birləşmə olan $Pb_2SnBi_2S_6$ rombik sinqoniyada kristallaşır, qəfəs parametrləri: $a=15.61$; $b=7.78$; $c=4.25$, simmetriya qrupu Pbm. Dördü birləşmə $Pb_2SnBi_2S_6$ 1000K temperaturda konqruent əriyir. $PbSnBi_6S_{11}$ fazasının difraktogramları rombik sinqoniyada kristallaşır və qəfəs parametrləri $a=11.17$; $b=4.11$; $c=11.53$ kimi proqnozlaşdırılmışdır. Dördlü birləşmə $PbSnBi_6S_{11}$ 880K temperaturda konqruent əriyir və əsas xüsusiyyətlərindən biri dəyişən tərkibli faza olmasıdır. Fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə $SnS - Bi_2S_3 - PbS$ kvazi-üçlü sistemdə kimyəvi qarşılıqlı təsirin xarakteri müəyyən edilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki, onlardan onu kvazibinar kəsiklərdir $PbS - Bi_2S_3 - SnS$ birləşmədə ayrı-ayrı fazaların ilkin kristallaşması üçün on üç sahə mövcuddur. Sistem daxilində $PbS - Bi_2S_3 - SnS$ kvaziüçlü sistemi ən geniş sahələr α - və β - SnS və $Pb_2SnBi_2S_6$ birləşmə fazalarına aiddir.

Açar sözlər: kvaziüçlü sistem, politerm kəsik, dördlü birləşmə, faza tarazlığı,

Giriş

Müasir dövrdə daha effektiv materialların axtarışı istiqamətində sürətlə inkişaf edən mühüm sahələrdən biridə üçlü və dördlü yarımkeçiricilərin yaradılmasıdır. Son illərdə SnS_2 kimi laylı struktur yarımkeçiricilərin tədqiqinə maraq əhəmiyyətli dərəcədə artmışdır. Bu maraq onların laylı yarımkeçiricilərin

optoelektronikada geniş tətbiq imkanları və spesifik fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri ilə bağlıdır [1-4].

V_2VI_3 qrupu yarımkeçiricilər unikal xüsusiyyətləri və tətbiq perspektivlərinə görə tədqiqatçıların diqqətini cəlb edir. Sb_2S_3 isə mikrodalğa, keçid və optik elektron qurğularda tətbiq baxımından maraqlıdır. Sb_2Se_3 və Sb_2S_3

birleşmələri ortorombik kristal strukturda laylı yarımkəçiricilərdir. Bismut, qalay və qurğuşun sulfidləri fotohəssas xüsusiyyətlərə malik perspektiv yarımkəçirici birləşmələrdir [5-13]. Bu səbəbdən $SnS - Bi_2S_3 - PbS$ üçlü sistemində qarşılıqlı təsirlər və faza tarazlıqlarının öyrənilməsi həm elmi, həm də praktiki baxımdan böyük əhəmiyyət kəsb edir. Kvazüçlü sistemin yan tərəfləri işin müəllifləri tərəfindən ətraflı tədqiq edilmişdir [14-21].

İşin məqsədi

$SnS - Bi_2S_3 - PbS$ sistemində kimyəvi qarşılıqlı təsirlərin öyrənilməsi olmuşdur.

Metodlar

Tədqiqat üçün ərintilər ikili sulfidlərdən PbS , Bi_2S_3 və SnS daha əlverişli mühitə, kvars ampullarda 950–1000K temperaturda sintez edilmişdir. Sintez başlıca şərtləri nümunələrin termodisossiiasiyası səbəbindən kükürd itkisinin qarşısının alınması məqsədilə seçilmişdir. Ərintilərin termiki emal müddəti, verilmiş şərtlərdə tarazlığın əldə olunmasını təmin etmək üçün, faza tərkibi və nümunələrin mikroquruluşunun nəzarəti ilə təcrübi olaraq müəyyən edilmişdir. Proses 550–600K-də tərkibin közərmə müddəti 240 saat təşkil etmişdir.

Közərməş ərintilər DTA, RFA, MQA metodları ilə, həmçinin mikrobərkliyin ölçülməsi və sıxlığın təyini vasitəsilə tədqiq edilmişdir. DTA NTR-73 pirometrində Pt–Pt/Rh termocütlər istifadə olunmaqla həyata keçirilmişdir. 0,1Pa-ya qədər köçürülmüş, Stepanov kvars qablarında istilik və soyuma ayrıləri qeydə alınmışdır.. Nümunələrin ümumi kütləsi 1 q olmuşdur.

Etalon olaraq közərdilmiş Al_2O_3 istifadə edilmişdir. Rentgen difraksiya analizi DRON 3 difraktometrində ($CuK\alpha$ şüalanması, Ni filtri, $2\theta = 1000$), mikroquruluş analizi isə MIM 7 mikroskopunda aparılmışdır.

Mikrobərklik PMT 3 mikroskopu vasitəsilə ölçülmüşdür. Ərintinin sıxlığı piknometrik üsulla müəyyən olunmuş və doldurucu kimi toluol (C_7H_8) istifadə edilmişdir.

Nəticələr və müzakirə

Fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə əldə edilən $SnS - Bi_2S_3 - PbS$ kvazüçlü sistemin tədqiq olunan kəsiklərində kimyəvi qarşılıqlı təsirin xarakteri müəyyən edilmişdir. Aydın olmuşdur ki, bu kəsiklərdən 10-u - $PbS - Pb_2SnBi_2S_6$, $SnS - Pb_2SnBi_2S_6$, $PbBi_4S_7 - Pb_2SnBi_2S_6$, $Pb_2SnBi_2S_6 - PbSnBi_4S_8$, $SnS - PbSnBi_4S_8$, $PbBi_2S_4 - SnBi_2S_4$, $PbBi_4S_7 - PbSnBi_4S_8$, $PbBi_2S_4 - PbSnS_2$, $PbBi_4S_7 - SnBi_2S_4$, $Bi_2S_3 - PbSnBi_6S_{11}$ kvazibinar kəsiklərdir.

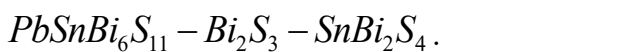
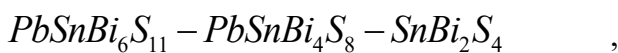
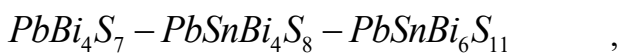
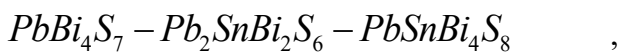
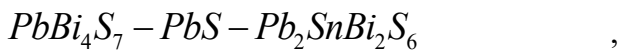
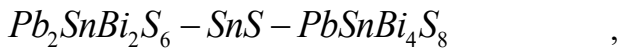
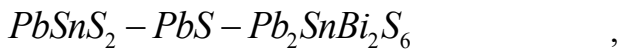
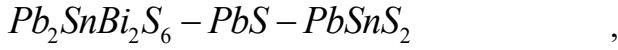
Kvazüçlü $SnS - Bi_2S_3 - PbS$ sistemdə üç konqruent ərimə göstəricisi olan $Pb_2SnBi_2S_6$ (1000 K), $PbSnBi_4S_8$ (950 K) və $PbSnBi_6S_{11}$ (820 K) birləşmə əmələ gəlir. Bu birləşmələr rombik sinqoniyaya aid olan kristal struktura malikdir və elementar qəfəsin parametrləri uyğun olaraq $a=15.61$, $b=7.78$, $c=4.25$; $a=21.77$, $b=7.51$, $c=4.21$; $a=11.17$, $b=4.11$, $c=11.53$. bərabərdir (cədvəl).

Cədvəl . $SnS - Bi_2S_3 - PbS$ kvaziüçlü sisteminin bir sıra fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri

Birləşmə	Qəfəs parametrləri, Å			v, Å ³	Ərimə temperaturu, K	Sıxlıq, q/sm ³	Mikrobərklik, mPa
	a	b	c				
$Pb_2SnBi_2S_6$	15,61	7,78	4,25	518,35	1000	4,0	1950
$PbSnBi_4S_8$	21,77	7,51	4,21	687,88	950	5,0	1520
$PbSnBi_6S_{11}$	11,17	4,11	11,53	531,56	820	4,0	1650

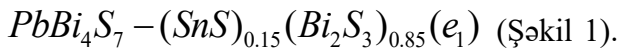
Tədqiqatlarımızın və ədəbiyyatdan əldə edilən məlum məlumatların əsasında $SnS - Bi_2S_3 - PbS$ üçlü sistemi üçün trianguyasiya aparılmışdır.

Verilmiş kvaziüçlü sistemi on ikinci dərəcəli üçlü sistemə bölmək mümkündür.

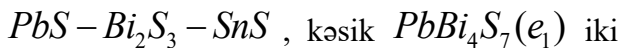


İlkin fazaların kristallaşma sahələrində üçlü qeyri-variant nöqtələrin, sərhədlərin və izotermalarnın, eləcə də ikincili ayrılma xətlərinin koordinatlarının dəqiq müəyyənəndirilməsi üçün qeyri-kvazibinar kəsiklər araşdırılmışdır.

Kəsik



Sistem trianguyasiyasına əsasən



asılı üçlü sistemi kəsir nəticədə $PbBi_4S_7 - Bi_2S_3 - PbSnBi_6S_{11}$ və

$Bi_2S_3 - PbSnBi_6S_{11} - SnBi_2S_4$ birləşmələri əsasında onun diaqramı iki hissədən ibarətdir.

Kəsiyin likvidus xətti ilkin ayrılmanın üç kəsişən budağından ibarətdir: $PbBi_4S_7$,

$PbSnBi_6S_{11}$ və α -sərt həll (əsas kimi istifadə olunur). 0–33 mol.% e_1 konsentrasiyası intervalında kəsik hissəsi asılı üçlü sistemi kəsir

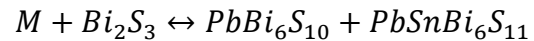
$Bi_2S_3 - PbBi_4S_7 - PbSnBi_6S_{11}$. İkincili üçlü

sistemin tərkibinə daxil olan $PbBi_4S_7 - Bi_2S_3$

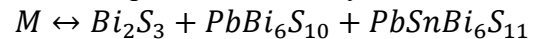
yan tərəfləri $PbBi_6S_{10}$ inkongruent ərimə əmələ gələn kompleks

$Bi_2S_3 - PbBi_4S_7 - PbSnBi_6S_{11}$ birləşmədən ibarətdir.

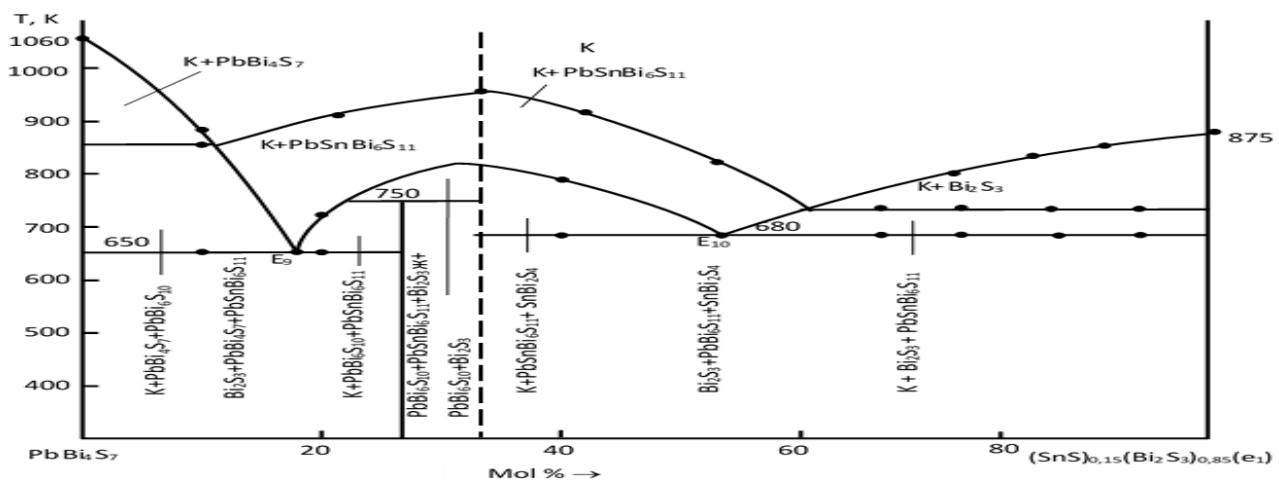
Şəkil 1-dən göründüyü kimi, 25 mol.% e_1 və 751 K temperaturda qeyri-variant reaksiya baş verir:



0–33 mol.% e_1 konsentrasiyası intervalındakı ərintilər üçfazalıdır və onlar birlikdə kristallaşmanı 651 K temperaturda baş verən E_9 üçlü evtektika nöqtəsində tamamlayırlar:



651 K-də (E_9)



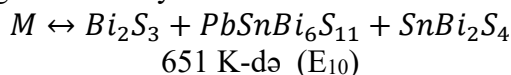
Şəkil 1. $PbBi_4S_7 - (SnS)_{0.15}(Bi_2S_3)_{0.85}(e_1)$ kəsiyi

Kəsiyin ikinci hissəsi $PbBi_4S_7 - e_1$ asılı üçbucağı $Bi_2S_3 - PbSnBi_6S_{11} - SnBi_2S_4$

kəsir. Sistemin likvidusu bu hissədə ilkin kristallaşmanın $PbSnBi_6S_{11}$, $PbSnBi_6S_{11}$ və

Bi_2S_3 budaqlarından ibarət olmuşdur ki, onlarda 60 mol.% e_1 -də kəşisir və bundan sonra onların birgə kristallaşması başlayır.

Bu tərkib üçbucağının bütün üç tərəfi evtektik tipli diaqramlara malikdir. Ərintilərin kristallaşması E_{10} üçlü evtektika nöqtəsində (681 K) aşağıdakı reaksiya nəticəsində tamamlanır:

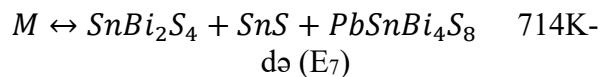


Beləliklə, kəşik $PbBi_4S_7 - e_1$ kvaziüçlü sistemin qeyri-kvazibinar kəsiyidir $PbS - Bi_2S_3 - SnS$. Komponentlər əsasında həllolma müşahidə olunmur.

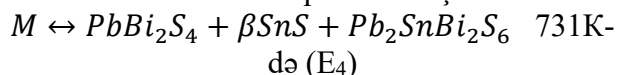
Kəşik

$(SnS)_{0.43}(Bi_2S_3)_{0.57}(e_2) - (PbS)_{0.70}(SnS)_{0.30}(e_6)$

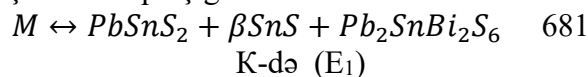
(Şəkil 2). Ərintilərin kristallaşma xarakterini daha dəqiq izləmək üçün bu cür mürəkkəb sistemləri hissələrə bölərək nəzərdən keçirək. İkinci dərəcəli üçlü sistemi $e_2 - e_6$ kəşik hissəsi $SnBi_2S_4 - SnS - PbSnBi_4S_8$ kəsir və onun üç tərəfi arasında ($SnBi_2S_4 - PbSnBi_4S_8$, $SnBi_2S_4 - SnS$, $PbSnBi_4S_8 - SnS$) yalnız evtektik tarazlıq mövcuddur. Buna görə, ikincili sistemdə $SnBi_2S_4 - SnS - PbSnBi_4S_8$ bir ədəd üçlü evtektik nöqtə (E_7) mövcuddur, burada aşağıdakı reaksiya üzrə baş verir:



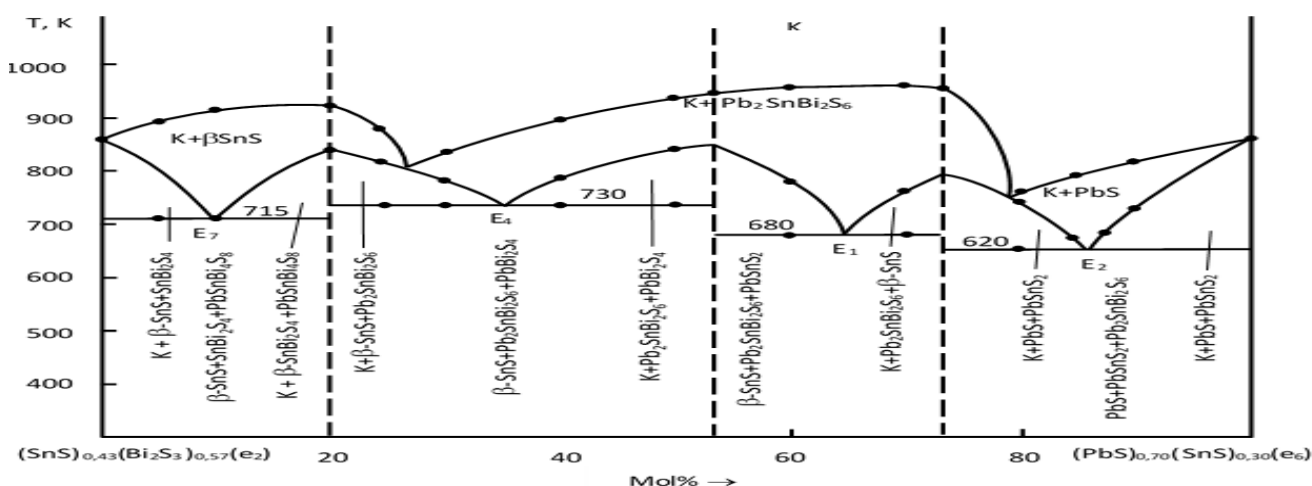
20–53 mol.% $(PbS)_{0.70}(SnS)_{0.30}$ konsentrasiya intervalında olan ikinci dərəcəli üçlü sistemi $PbSnBi_4S_8 - SnS - Pb_2SnBi_2S_6$ kəşik hissəsi kəsir. Bu ikinci dərəcəli sistemdə evtektik çevrilmə baş verməsi səbəbindən, ərintilərin son kristallaşması 731 K-də E_4 üçlü qeyri-invariant evtektik nöqtəsində baş verir.



Oxşar tərkibə malik olan komponentlərin qarşılıqlı təsiri ikincili sistemdə də $PbSnS_2 - SnS - Pb_2SnBi_2S_6$ mövcud olan bütün tərəflərində yalnız evtektik çevrilmə baş verir. Bütün ərintilər solidus xəttlərinin altında üç fazanın qarışığından ibarətdir:



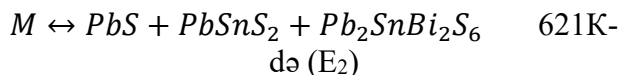
Mikroquruluşun tədqiqi göstərdi ki, bütün ərintilər üçfazlı mexaniki qarışıqlar olub, 20, 53 və 73 mol.% $(PbS)_{0.70}(SnS)_{0.30}$ yalnız bu tərkibli ərintilər istisna olmaqla, bu ərintilərin tərkibi $e_2 - e_6$ kəsiyinin sabit kəşiklərlə $PbSnBi_4S_8 - SnS$, $Pb_2SnBi_2S_6$ və $SnS - PbSnS_2$ kəsişmə nöqtələrinə uyğun gəlir.



Şəkil 2. $(SnS)_{0.43}(Bi_2S_3)_{0.57}(e_2) - (PbS)_{0.70}(SnS)_{0.30}(e_6)$ kəsiyi

$e_2 - e_6$ kəsiyinin, asılı üçbucağı kəsən $PbS - PbSnS_2 - Pb_2SnBi_2S_6$ hissəsinin likvidus xətti ilkin kristallaşma $Pb_2SnBi_2S_6$ və PbS iki budağından ibarətdir ki, bu budaqlar

müəyyən bir nöqtədən başlayaraq kristallaşır və bu kəsişmə 79 mol.% e_6 və 751 K temperaturundan başlayır. Bu üçlü evtektik sistemə aid olan ərintilər 621 K temperaturda aşağıdakı sxem üzrə bərkiyir:



Beləliklə, müəyyən edilmişdir ki, e_2 – e_6 kəsiyi 714, 792, 681 və 621 K temperaturlarda izotermik üfüqi xətlər qeyri-kvazibinar evtektik çevrilmələrdir.

Nəticə

1. Diferensial termik, rentgenfaz analizləri, mikrostruktur tədqiqatları, həmçinin mikrobərklik və sıxlıq ölçmələri üsulları ilə kvasiüçlü $PbS - Bi_2S_3 - SnS$ sistemin faza tarazlıqları öyrənilmişdir.
2. Konkurent ərimə ilə əridilən dördlü birləşmələrin $PbSnBi_6S_{11}$, $PbSnBi_4S_8$ və $Pb_2SnBi_2S_6$ əmələ gəlməsi müəyyən edilmişdir.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI:

1. Aliyar M., Manjeevan A., Bandara J. Recent advances and new research trends in Sb_2S_3 thin film based solar cells. Journal of Science: Advanced Materials and Devices V. 8, Issue 1, 2023, 100533
2. Niran F. Abdul-Jabbar, Raid Ismail, Mustafa W. Fatehi The Influence of Temperature on the structural and optical properties of Sb_2S_3 thin films prepared by chemical bath deposition method. Tikrit Journal of Pure Science; 2019,24(2):79-83.
3. Maghraoui-Meherzi, T. H Ben Nasr, N. Kamoun, M. Dachraoui. Physical properties of chemically deposited Sb_2S_3 thin films. Comptes Rendus Chimie; 2011, 14: p.471-475.
4. Israel Alves Oliveira, Lotfi Berguiga, Vitaly Felix Rodriguez-Esquerre, Xavier Letartre, Igor Leonardo Gomes de Souza, Sébastien Cuffe Sb_2S_3 -Based Reconfigurable Optical Filter Cavity for Applications in the Visible and Infrared Spectrum. Advanced photonics research;2026, 1-9.
5. Carrasco-González J. A. et al. Low-temperature synthesis of Bi_2S_3 hierarchical microstructures. Materials; 2024, 1818:17-19.
6. Khalaf G. M. G. et al. PbS colloidal quantum dots infrared solar cells: defect information and passivation strategies. Small Science; 2023, 3-10.
7. Qadri S.B., Singh A., Yousuf M. Structural stability of PbS films as a function of temperature. Thin Solid Films; 2003,(431-432): p.506-510.
8. Jung-Hsuan Chen; Chuen-Guang Chao, Jong-Chyan Ou, Tzeng-Feng Liu Growth and characteristics of lead sulfide nanocrystals produced by the porous alumina membrane. Surface Science; 2007,601(22): p.5142-5147.
9. Yu Jun Yang. A novel electrochemical preparation of PbS nanoparticles. Materials Science and Engineering; 2006,131(1-3): p.200-202.
10. Norton K. J., Alam F., Lewis D. J. A Review of the Synthesis, Properties, and Applications of Bulk and Two-Dimensional Tin(II) Sulfide (SnS). Applied Sciences; 2021, 11(5): 2062.
11. Dong H. et al. Crystal growth by chemical vapor transport method and photoelectric properties of SnS , Sn_2S_3 , SnS_2 . Physics and Chemistry of Solids; 2026, 208: 113133.
12. Yuan Zhu, Mingyang Yu, Quanjiang Lv, Haigang Hou, Jian Yang, Guiwu Liu, Junlin Liu, Guanqun Qiao Effects of the high-temperature sensitization in argon atmosphere on the microstructure and properties of polycrystalline PbSe films. Materials Science in Semiconductor Processing; 2023, 62: 107486
13. Thulasi-Varma C.V., Rao S.S., Ikkurthi K.D., Kim S.K., Kang T.S., Kim H.J. Enhanced photovoltaic performance and morphological control of the PbS counter electrode grown on functionalized self-assembled nanocrystals for quantum-dot sensitized solar cells via cost-effective chemical bath deposition. J. Mater. Chem. C. 2015;3:10195–10206.
14. Edson L Meyer, Johannes Z Mbese, Mojeed A Agoro The Frontiers of Nanomaterials (SnS , PbS and CuS) for Dye-Sensitized Solar Cell Applications: An Exciting New Infrared Material. Molecules; 2019,20;24(23):4223.
15. Бахтиярлы И.Б., Мамедова Ш.Г., Аждарова Д.С. и др. Исследование системы $PbS-SnS$. Журнал химических проблем; 2008, 2: с. 348-350.
16. Wang X., Wang S., Xie Y., Jiao Y., Liu J., Wang X., Zhou W., Xing Z., Pan K. Facet-Dependent SnS Nanocrystals as the High-Performance Counter Electrode Materials for Dye-

Sensitized Solar Cells. ACS Sustain. Chem. Eng. 2019;7:14353–14360.

17. Садыхова С.А., Сафаров М.Г., Рустамов П.Г. О взаимодействии в системе $PbS - Bi_2S_3$. Журнал неорганической химии; 1977, 22(10): с. 2831-2835.

18. Мамедов Ш. Г., Курбанов Г.Р. Диаграмма состояния система $Pb_5Sb_4S_{11} - Pb_6SnSb_2S_6$. Журнал неорганической химии; 2011, 56(8): с. 1398-1400.

19. Ojo O.P. və b. A synergistic experimental and theoretical study elucidating the

electronic and thermal properties in spinel $CuInSnS_4$. Materials Research Bulletin; 2024,

20. Курбанов Г.Р. Исследование квазитройной системы $PbS - Bi_2S_3 - SnS$. Журнал химические проблемы; 2012, №4: с.100-110.

21. Violet M. Nkwe, Damian C. Onwudiwe, Mayowa A. Azeez Solvothermal synthesis of pure and Sn-doped Bi_2S_3 and the evaluation of their photocatalytic activity on the degradation of methylene blue. Research article; 2021, 15(65):

PHASE EQUILIBRIA OF THE SYSTEM $PbS - Bi_2S_3 - SnS$

Sarkhan GASIMOV

Azerbaijan State Oil and Industry University, master's student
E-mail: qasimovsrxan68@gmail.com

Professor Mehpara ADYGEZALOVA

Azerbaijan State Oil and Industry University
E-mail: mehpara.adigozalova@asoiu.edu.az

Abstract: The ternary system $SnS - Bi_2S_3 - PbS$ was studied by means of physical-chemical analysis methods: differential-thermal (NTR-73), X-ray phase (DRON-3, $CuK\alpha$ rays, Ni filter), microstructure (MIM-7), microhardness measurement (PMT-3) and density determination. It was determined that the three quaternary sulfides $PbSnBi_6S_{11}$, $PbSnBi_4S_8$ və $Pb_2SnBi_2S_6$ and their compounds have congruent melting properties. The compound $PbSnBi_4S_8$ melts congruently at a temperature of 825K. The compound $PbSnBi_4S_8$ belongs to the orthorhombic syngony (in hexagonal aspect), the lattice parameters are $a=19.67$; $c=7.9$. The results of X-ray structural analysis showed that the quaternary compound $Pb_2SnBi_2S_6$ crystallizes in the rhombic syngony, lattice parameters: $a=15.61$; $b=7.78$; $c=4.25$, symmetry group Pmmm. The quaternary compound $Pb_2SnBi_2S_6$ melts congruently at a temperature of 1000K. The diffractograms of the $PbSnBi_6S_{11}$ phase crystallize in the rhombic syngony and the lattice parameters were predicted as $a=11.17$; $b=4.11$; $c=11.53$. The quaternary compound $PbSnBi_6S_{11}$ melts congruently at a temperature of 880K and one of its main features is that it is a phase with variable composition.

The nature of the chemical interaction in the quasi-ternary system $SnS - Bi_2S_3 - PbS$ was determined by physicochemical analysis methods. It was determined that ten of them are quasi-binary sections. There are thirteen areas for the initial crystallization of individual phases in the compound $PbS - Bi_2S_3 - SnS$. The widest areas of the quasi-ternary system $PbS - Bi_2S_3 - SnS$ within the system belong to the α - and β - SnS and $Pb_2SnBi_2S_6$ compound phases.

Keywords: quasi-ternary system, polythermal cut, quadruple combination, phase equilibrium.

ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ $PbS - Bi_2S_3 - SnS$

Сархан КАСЫМОВ

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Магистрант
E-mail: qasimovsrhan68@gmail.com

Профессор Мехпара АДЫГЕЗАЛОВА

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности
E-mail: mehpara.adigozalova@asoju.edu.az

Резюме: Тройная система $SnS - Bi_2S_3 - PbS$ была изучена с помощью методов физико-химического анализа: дифференциально-термического (НТР-73), рентгенофазового (ДРОН-3, $CuK\alpha$ -лучи, Ni-фильтр), микроструктурного (МИМ-7), измерения микротвердости (ПМТ-3) и определения плотности. Было установлено, что три четвертичных сульфида $PbSnBi_6S_{11}$, $PbSnBi_4S_8$ и $Pb_2SnBi_2S_6$ и их соединения обладают конгруэнтными свойствами плавления. Соединение $PbSnBi_4S_8$ плавится конгруэнтно при температуре 825 К. Соединение $PbSnBi_4S_8$ относится к орторомбической сингонии (в гексагональном аспекте), параметры решетки $a=19,67$; $c=7,9$. Результаты рентгеноструктурного анализа показали, что четвертичное соединение $Pb_2SnBi_2S_6$ кристаллизуется в ромбической сингонии, параметры решетки: $a=15,61$; $b=7,78$; $c=4,25$, группа симметрии $Pbmm$. Четвертичное соединение плавится конгруэнтно при температуре 1000 К. Дифрактограммы фазы, кристаллизующейся в ромбической сингонии, и параметры решетки были предсказаны как $a=11,17$; $b=4,11$; $c=11,53$. Четвертичное соединение плавится конгруэнтно при температуре 880 К, и одной из его главных особенностей является то, что это фаза с переменным составом.

Природа химического взаимодействия в квазитройной системе была определена методами физико-химического анализа. Было установлено, что десять из них являются квазибинарными сечениями.

Имеется тринадцать областей для начальной кристаллизации отдельных фаз в соединении $PbS - Bi_2S_3 - SnS$. Наибольшие области квазитройной системы $SnS - Bi_2S_3 - PbS$ внутри системы принадлежат α - и β - SnS фазам и $Pb_2SnBi_2S_6$ составным фазам.

Ключевые слова: квазитройная система, политермический разрез, четверная комбинация, фазовое равновесие.