

## KİMYA

UOT 541.123.3

## Fe-Bi-S ÜÇLÜ SİSTEMİNDƏ FAZA TARAZLIĞI

M.R.ALLAZOV, R.C.MİRZƏYEVA, K.Z.MUSTAFAYEVA

*Bakı Dövlət Universiteti**allazov\_m@mail.ru*

*Diferensial-termiki (DTA), rentgenfaza (RFA) və mikroquruluş analizləri və mikrobərkliyin ölçülməsi ilə Fe- Bi-S sistemi tədqiq edilmiş və likvidus səthinin proyeksiyası diaqramı qurulmuşdur. Termiki tarazlıq halında sistemdə yeddi fazanın (Fe, FeS, FeBi<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, FeS<sub>2</sub>, S, Bi) ilkin kristallaşma sahələrinin olduğu müəyyən edilmişdir ki, onlardan da üçünün (FeS<sub>2</sub> inkonqruent birləşməsinin, elementar kükürd və bismutun) ilkin kristallaşma sahələri cırlaşıb.*

**Açar sözlər:** sistem, faza diaqramı, təbəqələnmə, likvidus səthinin proyeksiyası

Bismutun dəmir ailəsi elementləri ilə birgə mürəkkəb tərkibli bir neçə sulfid mineralları mövcuddur. Onlardan Ni<sub>3</sub>Bi<sub>2</sub>S<sub>2</sub> (parkerit), FeSbBi<sub>4</sub> (qaravellit), Ni<sub>8</sub>Bi<sub>3</sub>AsS<sub>16</sub> (arsenohauxeconnit), Ni<sub>9</sub>Bi<sub>2</sub>S<sub>8</sub> (bismutohazekornit) minerallarının tərkibi və quruluşu öyrənilmişdir. Bu minerallarda kükürdün qismən selen və tellurla, bismutun arsen və stibiumla, dəmir ailəsi elementlərinin 3d-keçid metalları ilə izomorf əvəzlənməsi mümkündür. Göstərilən mineral tərkiblərin bir qismi təmiz elementlərin birgə əridilməsi kimi birbaşa sintez üsulları ilə alınmışdır [1-7].

Fe-Bi-S üçlü sisteminin öyrənilməsində məqsəd ilk növbədə termiki tarazlıq halında mövcud olan bütün aralıq fazaların əmələgəlmə xarakterini, ilkin kristallaşma və homogen sahələrinin sərhədlərinin müəyyənləşdirilməsi olmuşdur.

Digər tərəfdən Me-Bi- S üçlü sisteminin əsas komponentlərindən biri olan Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> fazası yüksək xüsusi müqavimətə ( $\rho=5,7 \cdot 10^4 \text{ om}\cdot\text{sm}$ ) və nisbətən böyük qadağan olunmuş zolağa ( $\Delta E=1,2 \text{ eV}$ ) malik n-tip yarımkəçirici birləşmədir [8]. Sistemin digər komponenti FeS və pirrotinlər isə çox kiçik elektrik müqavimətinə ( $\rho=10^{-3} - 10^{-2} \text{ om}\cdot\text{sm}$ ) malikdir [9]. Pirrotinlərin bəziləri metallik keçiriciliyə malikdir. Bu iki fərqli xassəli birləşmələrin üçlü sistemdə əmələ gətirdikləri aralıq fazalar, evtektik kompozisiyalar Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> əsaslı yarımkəçirici-

lərin metallik naqillərlə qaynağı zamanı aralıq, antidiffuziya təbəqələri kimi istifadə edilə bilər [10-13].

Nəhayət, Me-Bi-S sistemini təşkil edən binar sistemlərdə maye ərintilərin geniş təbəqələşmə sahələri mövcuddur. Ən geniş təbəqələşmə Fe-Bi sistemində müşahidə olunur, belə ki, maye bismut dəmirin ərimə temperaturunda belə praktiki olaraq dəmirlə qarışmır [14,15]. Belə maye ərintilərin təbəqələşmə sahələrinə üçüncü komponentin təsiri həm nəzəri, həm də praktiki maraq kəsb edir [16,17]. Məsələn, metallurğiyada kükürdün təsiri ilə bismutun steynə keçməsi üçün temperatur və qatılıq parametrlərinin öyrənilməsi praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

Beləliklə, təqdim edilən işdə Fe-Bi-S sistemində termiki tarazlıq halında aralıq fazaların, bərk məhlulların, evtektik kompozisiyaların əmələ gəlməsi və monotektik proseslərin parametrləri müəyyənləşdirilir.

### **Təcrübi hissə və nəticələrin təhlili**

Nümunələrin ərintiləri xüsusi təmiz elementlərdən (reduksiya olunmuş dəmirdən, B4 markalı bismutdan, OCЧ 19-5 markalı kükürddən) havası sorulmuş ( $\sim 0,1\text{Pa}$ ) kvarts ampullarda  $1100^\circ\text{C}$ -də sintez edilmişdir. Sonra nümunələr  $500^\circ\text{C}$ -də 100 saat müddətində tarazlığa gətirilmişdir. Hazırlanmış ərintilər fiziki-kimyəvi analiz metodları (DTA, RFA, MQA və mikrobərkliyin ölçülməsi) ilə tədqiq edilmişdir.

Nümunələrin termoqramları xromel-alümel termocütünün köməyi ilə ikikoordinatlı potensiometrə çəkilmişdir. Bir neçə nümunənin narın əzilmiş tozlarının rentgenoqramları DRON-2 cihazında  $\text{CuK}_\alpha$  monoxromatik şüalarının köməyi ilə çəkilmişdir. Mikroquruluş analizi və fazaların mikrobərkliklərinin təyini PMT-3 mikrobərklik ölçən cihazı vasitəsilə aparılmışdır.

Fe-Bi-S sisteminin tədqiqi haqqında ilk məlumat Q.Q.Urazov və onun əməkdaşları tərəfindən dərc edilmişdir [18]. Bu işdə məqsəd bismutu kükürlü minerallarından (məs., bismutindən) dəmir vasitəsilə reduksiya etmək və ərintidən çökdürmək olmuşdur. Məqsəd sırf metallurji xarakter daşdığından çox da yüksək dəqiqliyə fikir verilməmiş və ərintilərin hazırlanması flyüs altında, yəni qismən açıq sistemdə həyata keçirilmişdir. Nəticədə yüksək buxar təzyiqinə malik kükürdün bir qismi tərkibdən çıxmış və çox ehtimal ki, nümunələr havanın oksigeni ilə qismən oksidləşmişlər. Yəni [16] işində öyrənilən sistemin komponentlərin termiki tarazlıqda olması üçün lazımı şərait yaradılmamışdır.

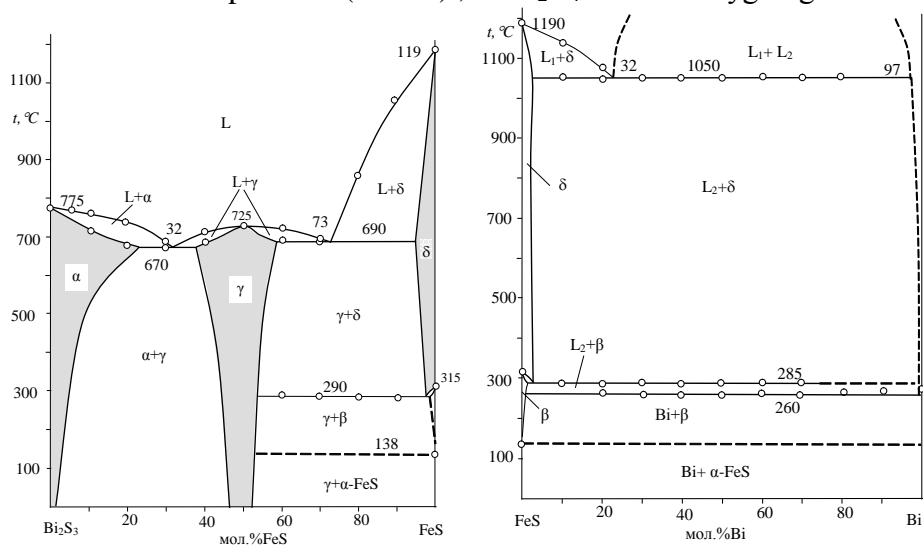
Bu işdə Fe-Bi-S sisteminin nümunələri havası sorulmuş bağlı kvarts ampullarda, daha uzunmüddətli sintez edilmiş və fərqli olaraq nisbətən aşağı temperaturalarda termiki emala uğradılmışdır. Üçlü sistem  $\text{Bi}_2\text{S}_3\text{-FeS}$  [6],  $\text{FeBi}_2\text{S}_4\text{-Bi}$ ,  $\text{FeS-Bi}$ ,  $\text{Bi}_2\text{S}_3\text{-Fe}$  [7] və  $\text{Bi}_2\text{S}_3\text{-FeS}_2$  kəsikləri üzrə tədqiq edilmiş və onun beş tabeli üçlü sistemə :  $\text{Fe-Bi-FeS}$ ,  $\text{FeS-Bi-FeBi}_2\text{S}_4$ ,  $\text{FeBi}_2\text{S}_4\text{-Bi-Bi}_2\text{S}_3$ ,  $\text{FeS-FeBi}_2\text{S}_4\text{-S}$  və  $\text{Bi}_2\text{S}_3\text{-FeBi}_2\text{S}_4\text{-S}$  trianqulyasiya olunduğu müəyyən edilmişdir. Axırncı iki tabeli üçlü sistemdən keçən yalnız bir kəsik,

$\text{Bi}_2\text{S}_3\text{-FeS}_2$  kəsiyi tədqiq edilmişdir.

Qeyd edək ki, bizim sintez etdiyimiz nümunələrin fiziki-kimyəvi analizinin nəticələri [16] işinin nəticələrindən əsaslı surətdə fərqlənir.

Aşağıda Fe-Bi-S üçlü sistemindən tədqiq etdiyimiz kəsiklər üzrə baş verən fiziki-kimyəvi qarşılıqlı təsirin nəticələri və faza diaqramları verilir.

**$\text{Bi}_2\text{S}_3\text{-FeS}$  kəsiyi** aralıq  $\gamma$ - fazanın olması ilə fərqlənir (şəkil 1a). Distektik reaksiya ilə əmələ gələn  $\gamma$ - fazanın ilkin kristallaşma əyrisində maksimum ərimə temperaturu ( $725^\circ\text{C}$ ),  $\text{FeBi}_2\text{S}_4$  tərkibinə uyğun gəlir.



Şəkil 1.  $\text{Bi}_2\text{S}_3\text{-FeS}$  [6 ] (a) və  $\text{FeS-Bi}$ [7 ] (b) kəsiklərinin faza diaqramları

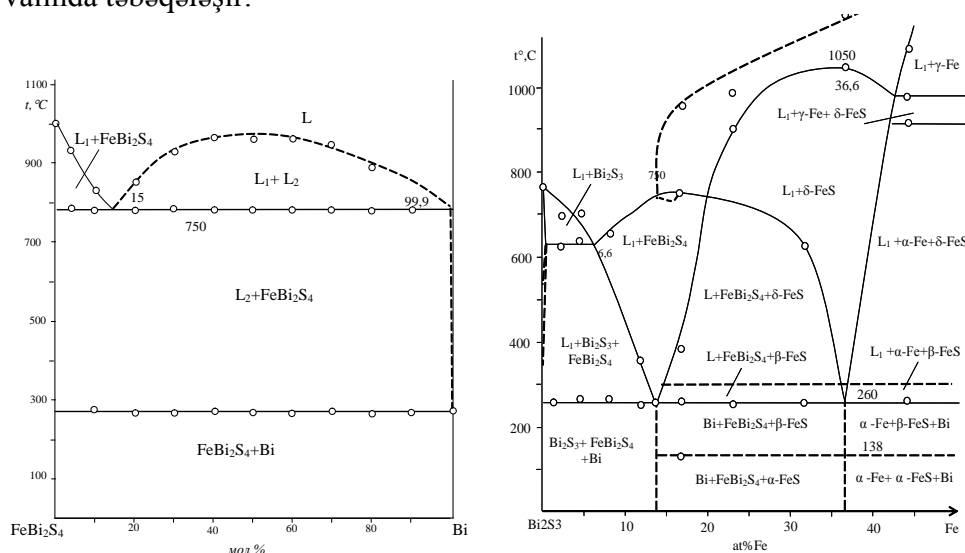
$\gamma$ - fazasının homogenlik sahəsi otaq temperaturunda 47-52 mol% FeS, eutektika temperaturunda isə təqribən 39-59 mol% FeS qatılıq intervalını əhatə edir.  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ -lə  $\text{FeBi}_2\text{S}_4$  arasında eutektika 32 mol% FeS və  $670^\circ\text{C}$ -də, üçlü birləşmə ilə FeS arasında isə 73 mol% FeS və  $690^\circ\text{C}$ -də tərkibində kristallaşır.  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  əsasında eutektika temperaturunda ( $670^\circ\text{C}$ ) bərk məhlul sahəsi 22 mol% FeS-ə qədər davam edir. Temperatur azaldıqca həllolma da azalır və bu zaman  $\alpha$ - bərk məhluldan ayrılmalarda Qinye-Priston ayrılmaları kimidir. Soyuma sürəti  $9\text{-}10^\circ\text{C}/\text{dəq.}$  olan  $\alpha$ - bərk məhlullarından ayrılan nöqtəvi  $\gamma$ - fazası həcmdə bərabər paylanır. Otaq temperaturunda  $\alpha$ - bərk məhlulun sərhədi 2 mol% FeS-dən çox deyil.

**FeS-Bi kəsiyi** kvazibinardır [7]. Faza diaqramı monotektikaya malik eutektik tiplidir. Təbəqələşmə 32-97 mol% Bi qatılıq intervalında və  $1050^\circ\text{C}$ -də baş verir.  $\delta$ -FeS-in bir hissəsi təbəqələşmə altında kristallaşır. Diaqramda  $285^\circ\text{C}$ -də müşahidə olunan izotermik proses FeS-in polimorf keçidi ilə bağlıdır.

Kəsik üzrə tam kristallaşma  $260^\circ\text{C}$ -də başa çatır. Eutektik kristallaşma temperaturunun təmiz bismutun ərimə temperaturundan  $10^\circ\text{C}$  fərqlənməsi eutektikanın tam cırlaşmadığını göstərir, yəni eutektik nonvariant nöqtədə FeS-in

1%-ə qədər ola biləcəyi mümkündür.

**FeBi<sub>2</sub>S<sub>4</sub>-Bi kəsiyi** kvazibinardır və hal diaqramı monotektik xarakterlidir (şəkil 2a). Maye bismutla FeBi<sub>2</sub>S<sub>4</sub> ərintisi 15-99,9 mol% Bi intervalında təbəqələşir.



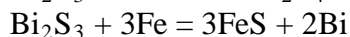
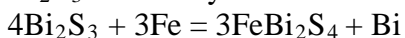
Şək. 2. FeBi<sub>2</sub>S<sub>4</sub> - Bi [6] (a) və Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> - Fe [7] (b) kəsiklərinin hal diaqramı.

Monotektik tarazlıq  $L \leftrightarrow L_2 + \text{FeBi}_2\text{S}_4$  15 mol%Bi və 750<sup>0</sup>C-də baş verir. Kəsiyin evtektikası bismut yanında cırılıb.

**Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> - Fe kəsiyi** qeyri-kvazibinardır [17]. O üç tabeli üçbucağı kəşir və onların hər birində kristallaşma elementar bismutun çox yaxınlığında ~260<sup>0</sup>C-də başa çatır. Burada fazaların bir qismi təbəqələşmə altında kristallaşır.

Kəşik üzrə fazaların maye halda təbəqələşməsi ~12 at% Fe tərkibindən başlayır.

Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> - Fe kəsiyi iki kvazibinar sistemlə kəşir:

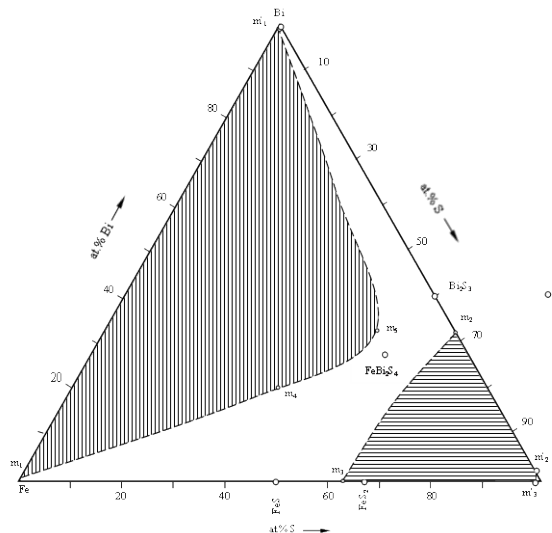


Birinci kəşişmə nöqtəsinin koordinatları 13,04 at.% Fe və 750<sup>0</sup>C, ikincinin isə 37,5 at.% Fe və 1050<sup>0</sup>C müəyyən edilmişdir.

Kəsiyin subsolidusunda: 0 - 13,04 at.% Fe intervalında Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub> + FeBi<sub>2</sub>S<sub>4</sub> + Bi; 13,04 - 37,5 at.% Fe intervalında Bi + FeBi<sub>2</sub>S<sub>4</sub> + αFeS; 37,5 - 100 at.% Fe intervalında isə αFe + αFeS + Bi birgə kristallaşma sahələri təyin edilir. İkinci və üçüncü sahələrdə FeS və ya γ Fe tamamilə təbəqələşmə altında kristallaşır.

Beləliklə, tədqiq edilən kəsiklərdəki monotektik proseslərin koordinatları üçlü sistemə köçürülmüş və Fe-Bi sistemində müşahidə edilən geniş təbəqələşmə (maye fazada) sahəsinin ümumi sərhədi müəyyən edilmişdir. Şəkil 3-də Fe-Bi-S sistemində müşahidə edilən təbəqələşmə sahələrinin ortoqonal

proyeksiya diaqramı verilmişdir.



Şəkil 3. Fe- Bi – S sistemində maye ərintidə təbəqələşmə sahəsinin proyeksiyası diaqramı

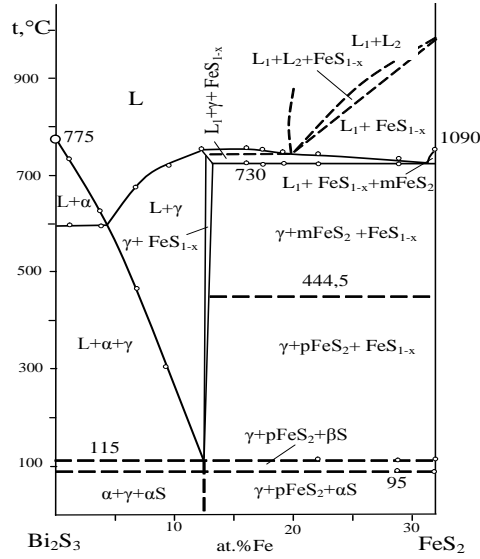
Göründüyü kimi, iki təbəqələşmə sahəsi (ştrixlənmiş sahələr) qeyd edilmişdir. Onlardan biri Fe-Bi sistemində müşahidə edilən təbəqələşmənin üçlü sistemdə tutduğu sahədir. Bu sahə kükürdə tərəf getdikcə müntəzəm olaraq azalır. İkinci ştrixlənmiş sahə Bi-S və Fe-S binar sistemlərində müşahidə edilmiş təbəqələşmə sahələrinin üçlü sistemdə genişlənərək bir-biri ilə qovuşmasını göstərir. Bu sahə üçlü sistemdə kükürd komponenti ətrafında yerləşir və onun sərhədi müvafiq olaraq 32 at.% Bi və 37 at.% Fe qatılıqlarına qədər davam edir. İkinci təbəqələşmə sahəsinin sərhədi  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ - $\text{FeS}_2$  kəsiyinin faza diaqramına əsasən təyin edilmişdir.

**$\text{Bi}_2\text{S}_3$ - $\text{FeS}_2$  kəsiyi.** Kəsiyin nümunələri qalındıvarlı kvarts ampullarda maksimum  $700^\circ\text{C}$ -yə qədər qızdırmaqla bir neçə gün ərzində sintez edilmişdir. Ampulların sərbəst (nisbətən soyuq) ucunda sərbəst kükürd qalmadıqda sintez prosesi başa çatmış hesab edilmişdir. Sintezdən sonra nümunələr bir həftə ərzində  $500^\circ\text{C}$ -də termiki emal olunmuşdur.

Kəsiyin nümunələrinin termoqramları  $800^\circ\text{C}$ -yə kimi çəkilmişdir. Termiki analiz nəticələrinə əsasən kəsiyin faza diaqramı qurulmuşdur (şəkil 4).

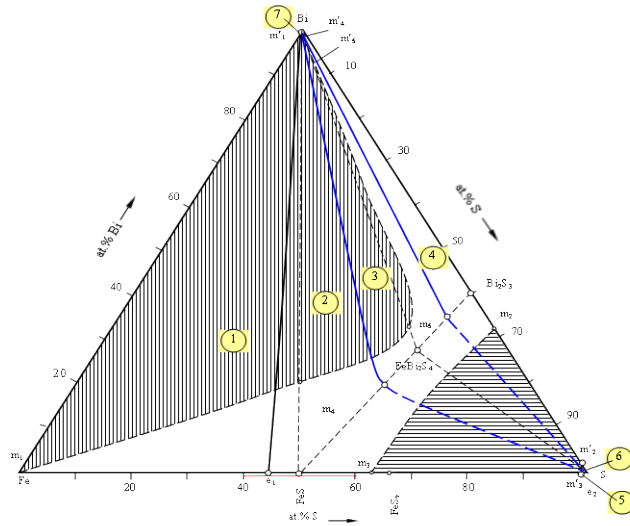
Proses üçlü peritektik kristallaşma ilə yekunlaşır.  $500^\circ\text{C}$ -də uzunmüddətli termiki emala uğradılmış nümunələrdə iki faza pirrotin ( $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ ) və markazit ( $\text{FeS}_2$ ) müşahidə edilir.

$\text{Bi}_2\text{S}_3$ - $\text{FeS}_2$  sistemi ikinci təbəqələşmə sahəsini  $\sim 20$  at.% Fe tərkibində kəsir və 33,3 at.% Fe-ə qədər təbəqələşmə sahəsindən keçir. Bu intervalda pirrotin fazası tam təbəqələşmə altında kristallaşır.



Şək. 4.  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ - $\text{FeS}_2$  kəsiyinin faza diaqramı

**Fe-Bi-S sisteminin likvidus səthinin proyeksiyası diaqramı.** Şəkil 5-də Fe – Bi – S üçlü sisteminin likvidus səthinin proyeksiyası diaqramı verilmişdir. Şəkildə qırıq düz xətlərlə üçlü sistemi trianqulyasiya edən diaqonal kəsiklər göstərilmişdir. Onların köməyiylə Fe – Bi – S üçlü sistemi beş tabeli üçlü sistemə bölünür.



Şək. 5. Fe-Bi-S üçlü sisteminin likvidus səthinin proyeksiyası diaqramı. İlk kristallaşma sahələri: 1-Fe, 2-FeS, 3- $\text{FeBi}_2\text{S}_4$ , 4- $\text{Bi}_2\text{S}_3$ , 5- $\text{FeS}_2$ , 6-S, 7-Bi ( $\text{FeS}_2$  inkonqruent birləşməsinin, elementar kükürd və bismutun ilk kristallaşma sahələri cırlaşıb)

Nəzəri olaraq sistemdə 5 üçlü evtektik və bir üçlü peritektik nonvariant tarazlıq nöqtələri olmalıdır. Bu nonvariant nöqtələrin hamısı praktiki olaraq bismut və kükürd yanında cırlaşıblar.

Cədvəldə Fe – Bi – S üçlü sistemində baş verən dördfazlı nonvariant tarazlıq proseslərinin koordinatları verilmişdir.

Cədvəl

**Fe-Bi-S sistemində dördfazlı nonvariant tarazlıq prosesləri**

Nonvariant nöqtənin işarəsi	Nonvariant prosesin təniyi	Nonvariant nöqtənin koordinatları			
		Tərkib,at%			Temperatur,°C
		Fe	Bi	S	
E <sub>1</sub>	$L \leftrightarrow \text{Bi}_2\text{S}_3 + \text{FeBi}_2\text{S}_4 + \text{Bi}$	0,10	99,50	0,40	260
E <sub>2</sub>	$L \leftrightarrow \text{FeS} + \text{FeBi}_2\text{S}_4 + \text{Bi}$	0,10	99,80	0,10	260
E <sub>3</sub>	$L \leftrightarrow \text{Fe} + \text{FeS} + \text{Bi}$	0,03	99,94	0,03	260
E <sub>4</sub>	$L \leftrightarrow \text{Bi}_2\text{S}_3 + \text{FeBi}_2\text{S}_4 + \text{S}$	Kükürd yanında cırlaşıb			
E <sub>5</sub>	$L \leftrightarrow \text{FeS}_2 + \text{FeBi}_2\text{S}_4 + \text{S}$	Kükürd yanında cırlaşıb			
P <sub>1</sub>	$L + \text{FeS} \leftrightarrow \text{FeS}_3$	Kükürd yanında cırlaşıb			

**ƏDƏBİYYAT**

1. Аллазов М.Р., Мустафаева К.З., Аллазова Н.М., Машадиева Л.Ф., Бабанлы М.Б. Определение характера образования соединения  $\text{Ni}_3\text{Bi}_2\text{Se}_2$  /IX Респ. науч. конф. "Физ-хим. анализ и неорг. материаловед." Баку, 2004, с. 92-96.
2. Аллазов М.Р., Аллазова Н.М., Мустафаева К.З. Характер взаимодействия  $\text{Ni}_3\text{Bi}_2\text{Se}_2$  с  $\text{NiSe}$  //Вестник БГУ, 2004, №4, с.9-13.
3. Мустафаева К.З., Мамедов М.М., Кулиева У.А. Фазовая диаграмма системы  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ - $\text{NiS}$  / Сб.стат. VI Республ.конф. "Физико-химический анализ и неорг-ган.материаловед." Баку 2000. с.136
4. Аллазов М.Р., Керимова З.Т., Садыгов Ф.М., Мустафаева К.З., Исмаилов З.И. Фазовые равновесия в системах  $\text{As}_2\text{S}_3(\text{Bi}_2\text{S}_3)$ - $\text{Fe}(\text{Co,Ni})\text{S}$ . /Конф., посв.80-летию БГУ, Баку 1999, с.109
5. Аллазов М.Р., Ширинов Ш.М., Мовсумзаде А.А. Исследование системы  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  –  $\text{FeSe}$ . //ЖНХ, 1984, т. 29, с. 1618 – 1620
6. Аллазов М.Р., Мустафаева К.З., Алиев О.А., Гасанова З.Т. Границы высокотемпературного расслаивания в системе  $\text{Fe} - \text{Bi} - \text{S}$  //AzTU, Elmi əsərlər. Fundamental elmlər. 2013, №2, cild XII (45), с.135-137
7. Allazov M.R., Mirzəyeva R.C., Əliyev O.A., Mustafayeva K.Z. FeS-Bi və  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ -Fe kəşiklərinə faza tarazlığı //Bakı Universiteti xəbərləri, təbiət elmləri seriyası. 2015, № 2, s.3-7
8. Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе /Под ред. Абрикосова, М.: Мир, 220 с.
9. Самсонов Г.В., Дроздова С.В. Сульфиды. М.: Металлургия, 1972, 304 с.
10. Кахраманов К.Ш., Алиева Т.Д., Ахундова Н.М., Абдинов Д.Ш. Электронные и физико-химические явления в коммутационных контактах термоэлементов термоэлектрических охладителей //Прикладная физика. 1999, №3, с.75 – 80.
11. Мамедов М.М. Исследование взаимодействия в тройных системах и свойства обнаруженных фаз. Диссер. на соиск. учен. степен канд. химич. наук. Баку, 1999, 142 с.
12. Абдинов Д.Ш., Алиева Т.Д., Ахундова Н.М., Тагиев М.М. Электрические и адгезионные свойства коммутационных контактов термоэлементов на основе твердых

- растворов систем Bi – Sb – Te, Bi – Se – Te и Bi – Sb //Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının xəbərləri, fizika – riyaziyyat və texniki elmlər seriyası, 2003, № (1), s. 41 – 48.
13. Бланк Т.В., Гольдберг Ю.А. Механизм протекания тока в омических контактах металл-полупроводник // Физика и техника полупроводников. 2007, т.41, №11, с. 1281 – 1308.
  14. Диаграмма состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа. / Банных О.А., Будберг П.Б., Алисова С.П. и др. М.: Металлургия, 1986, 440 с.
  15. Диаграмма состояния двойных металлических систем. Справочник. В 3 т.: Т.1. /Под общ. ред. Н. П. Лякишева / М.: Машиностроение, 1996, 992с.
  16. Авраамов Ю.С., Шляпин Л.Д. Новые композиционные материалы на основе несмешивающихся компонентов: получение, структура, свойства. М.: МГИУ, 1999, 206 с.
  17. Скварцов А.М., Кучук А.В., Москвин А.В. и др. Фазовые равновесия в бинарных и тройных системах. Санкт Петербург, 2007, 61с.
  18. Уразов Г.Г., Большаков К.А., Федоров П.И., Василевская И.И. Тройная система Fe-Bi – S // Ж.неорг.химии 1967, №10, с.2546-2549.

## ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ В ТРОЙНОЙ СИСТЕМЕ Fe-Bi-S

М.Р.АЛЛАЗОВ, Р.Дж.МИРЗОЕВА, К.З.МУСТАФАЕВА

### РЕЗЮМЕ

Методами ДТА, РФА, МСА и измерения микротвердости исследована система Fe-Bi-S и построена проекция поверхности ликвидуса. Определены области первичной кристаллизации 7 фаз (Fe, FeS, FeBi<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, FeS<sub>2</sub>, S, Bi ) в состоянии термического равновесия, области первичной кристаллизации трех фаз (FeS<sub>2</sub>, S, Bi) вырождены.

**Ключевые слова:** система, фазовая диаграмма, расслаивание, проекция поверхности ликвидуса.

## PHASE EQUILIBRIA IN THE TERNARY SYSTEM Fe-Bi-S

M.R.ALLAZOV, R.J.MIRZAYEVA, K.Z.MUSTAFAYEVA

### SUMMARY

The interaction of Fe-Bi-S system was studied by DTA, X – ray powder diffraction, microstructural analysis and microhardnes measurements. The projection of liquid's surface was constructed and the primary crystallization region of the 7 phases (Fe, FeS, FeBi<sub>2</sub>S<sub>4</sub>, Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, FeS<sub>2</sub>, S, Bi) was studied, the fields of primary crystallization of the three phases (FeS<sub>2</sub>, S, Bi) are degenerated.

**Keywords:** system, phase diagram, primary crystallization region, delamination, projection of liquid's surface.

*Redaksiyaya daxil oldu: 19.06.2015-ci il*

*Çapa imzalandı: 04.12.2015-ci il*