

UOT 546.811.86.22

**GaTe-Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> SİSTEMİNDƏ FAZA TARAZLIĞI****M.H.Şahbazov, S.Ş.Zeynallı, E.M.Mustafayeva**

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti  
 AZ 1000 Bakı, Ü.Hacıbəyov küç.34; e-mail: [adpu@azru.com](mailto:adpu@azru.com)

*Fiziki-kimyəvi analiz metodları (DTA, MQA, RFA, eləcə də mikrobərkliyin təyini) vasitəsilə GaTe-Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> sistemi tədqiq edilmiş, müəyyən olunmuşdur ki, sistem evtektik-kvazibinardır və evtektikanın tərkibi 65 mol % Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, temperaturu 550 °C-dir. Hər iki başlanğıc komponentlər əsasında məhdud həllolma sahələri müəyyənləşdirilmişdir. Sistemin Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> əsasında olan bərk məhlul ərintilərinin termoelektrik xassələri tədqiq olunmuşdur.*

**Açar sözlər:** bərk məhlul, evtektika, kvazibinar, likvidus, solidus.

Məlumdur ki,  $A^{III}C^{VI}$  və  $B_2^{VI}C^{VI}$  tipli birləşmələr kristallokimyəvi xüsusiyyətlərinə görə bir-birindən kəskin fərqlənirlər. Lakin onların bir-biri ilə qarşılıqlı təsiri böyük əhəmiyyət kəsb edir. GaTe 835 °C əriyir və təbəqəli strukturlu olub monoklin kristallıq qəfəsə malikdir. Həmçinin onun heksaqonal modifikasiyası, qəfəs sabitləri:  $a = 4.06 \text{ Å}^0$ ;  $c = 16.96 \text{ Å}^0$ ;  $Z = 4$  eV, fəza qrupu  $P6_3/mmc$  müəyyən edilmişdir. Bu modifikasiya metastabildir və ancaq qeyri-tarazlıq şəraitində əmələ gəlir. Sıxlığı  $5.44\text{--}5.9 \text{ q/sm}^3$  arasında dəyişir. GaTe çox yüksək termo.-e.h.q.-nə: 450 - 1000 mkv/dər malikdir. GaTe monokristalının xüsusi elektromüqaviməti  $4 \cdot 10^2 \text{ om}\cdot\text{sm}$ ;  $E_g$  isə 1.67 eV-dur [1].

Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> birləşməsi mürəkkəb zonalı

quruluşa malik olmaqla, defekt struktura malik yarımkəçirici olub, aşağı temperatur intervalında enerji çeviriciləri kimi termo elementlərin, termosoyuducuların və termogeneratorların hazırlanmasında geniş tətbiq olunur.

Stexiometrik tərkibli Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> 585 °C açıq maksimumla əriyir və likvidus əyrisində maksimuma uyğun olmayaraq, Bi-un 0.065 at % artdığı tərəfə yerini dəyişir. Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> heksaqonal sinqoniyada kristallaşır, qəfəs sabitləri:  $a=4.3835 \text{ Å}^0$ ;  $c=30.48 \text{ Å}^0$ ; sıxlığı  $7.858 \text{ q/sm}^3$ ; mikrobərkliyi  $94 \text{ kQ/mm}^2$ . Qadağan olunmuş zolağın eni 0.29 eV, termo-e.h.q.-si n-Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> üçün 150-167 mkv/dər, istilikkeçirməsi  $14.5 \cdot 10^{-3} \text{ vt/sm}\cdot\text{dər}$ , yükdaşıyıcıların qatılığı isə  $2.5 \cdot 10^{19} \text{ sm}^{-3}$ -dir[2,3].

**TƏCRÜBİ HİSSƏ**

GaTe-Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> sisteminin ərintiləri havası 0.133 Pa təzyiqə qədər çıxarılmış kvars ampulada eyni zonalı sobada elementlərdən birbaşa sintez olunmuşdur. Sistemin başlanğıc liqaturları GaTe və Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> : qallium xüsusi təmiz – 99.9998, bismut B-3, təmiz tellurdan (B-3 markalı) istifadə edilmişdir. GaTe-Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> sistemini tədqiq etmək üçün müxtəlif tərkibli ərintilər sintez olunmuşdur. Alınmış ərintilər termiki emal edilmişdir. Sistemin homogenləşdirilmiş ərintiləri fiziki-kimyəvi analizin kompleks metodlarının köməyi ilə tədqiq edilmişdir. Differensial-termiki analiz NTR-73 markalı alçaq tezlikli termografda aparılmışdır. Ərintilərin qızma

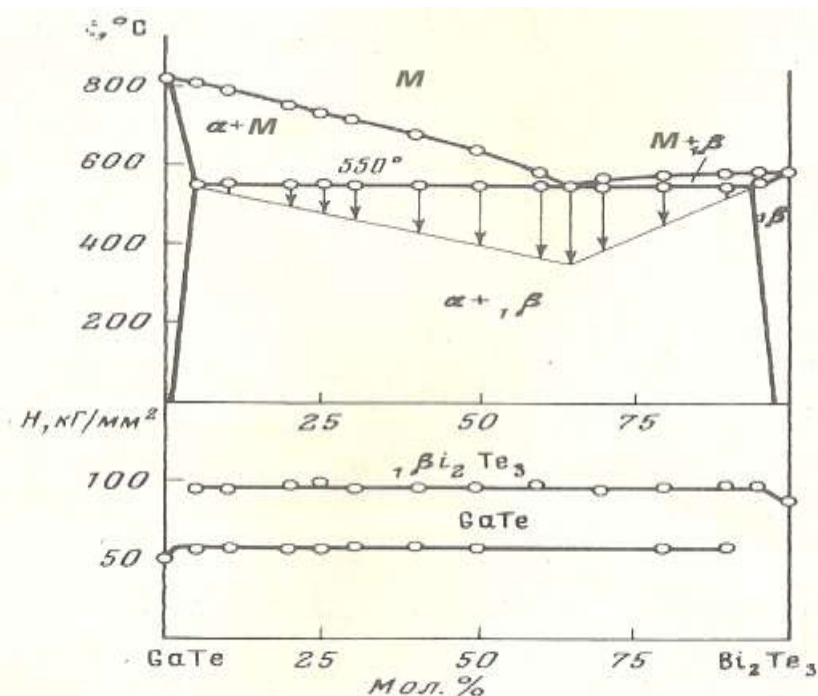
sürəti 10 dər/dəq olmuş və etalon olaraq Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> götürülmüşdür. Mikroquruluş analizi MİM-8 mikroskopunda aparılmış və ərintilərdə faza sərhəddini təyin etmək üçün aşılavıcı olaraq HNO<sub>3</sub>:CH<sub>3</sub>COOH =1:1 qarışığından istifadə olunmuşdur. GaTe-la zəngin olan ərintilər tutqun boz, Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> – ün artması ilə parlaq işıqlı olur. Ərintilərin rentgenfaza analizi DRON – 3 rentgen difraktometrində, CuK $\alpha$ - şüalanmasından və Ni-süzgəcindən istifadə olunmaqla ölçülmüşdür. Mikrobərklik PMT-3 metalloqrafik cihazda aparılmışdır. Xüsusi çəki piknometrik üsulla, doldurucu toluol olmaqla ölçülmüşdür.

## NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

GaTe-Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> sistemində alınmış müxtəlif tərkibli ərintilər havaya, suya və üzvi həlledicilərə qarşı davamlıdır. Mineral turşular (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>) və qələvilər (NaOH, KOH) onları parçalayır.

Ərintilərin qızma və soyuma ayrılərində iki effektin alınması, sistemin likvidus və solidusunu xarakterizə edir. Mikrostruktur tədqiqat Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-ün 10-50 mol % qatılığında ərintilərin iki fazalı: aşağıda parlaq işıqlı Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, yuxarıda tutqun boz GaTe uyğundur. Sistemdə evtektika bismut telluridə tərəf yerini dəyişir. Qrafiki metodla (Tamman üçbucağının

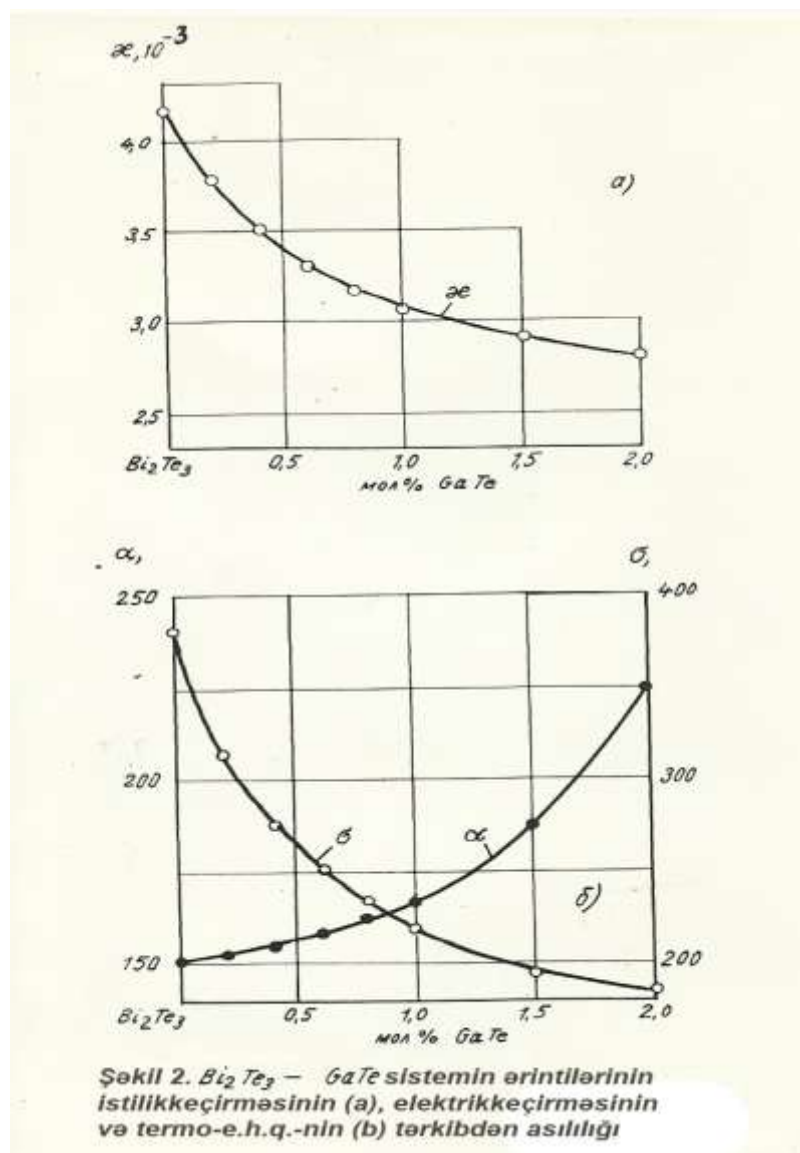
qurulması) evtektikanın tərkibinin 65 mol% Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> müəyyənləşdirilmişdir. Mikrobərkliyin ölçülməsilə iki kəmiyyət: tutqun boz faza (GaTe) 65-75 kQ/mm<sup>2</sup> və parlaq işıqlı faza (Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>) 95-106 kQ/mm<sup>2</sup> alınmışdır. Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-də mikrobərkliyin qiymətinin tərkibdən asılı olaraq 95 kQ/mm<sup>2</sup> – 106 kQ/mm<sup>2</sup> artması, onda GaTe-un həll olmasını, bərk məhlulun alınmasını göstərir. Bunu rentgenfaza analizi də təsdiq edir. Bu tədqiqatların nəticəsində GaTe-Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> sisteminin hal diaqramı və hal diaqramının Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> tərəfdən hissəsi qurulmuşdur (şəkil 1).



Şəkil 1. GaTe – Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> sisteminin hal diaqramı

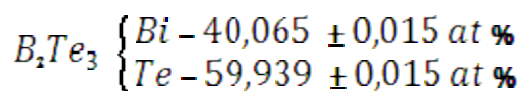
GaTe – Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> sisteminin hal diaqramı kvazibinar, evtektik tipli, məhdud həllolma sahəsinə (Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> əsasında 3 mol % GaTe qədər) malikdir. Sistemində Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> tərəfdən kiçik faizlərdə (0.2; 0.4; 0.6; 0.8; 1.0; 1.5 və 2.0 mol% GaTe) ərintiləri ayrıca sintez olunmuş və termoelektrik xassələri, ərintilər xüsusi həndəsi formaya (D = 4-6 mm, l = 8-10 mm) salınaraq ölçülmüşdür. Ərintilərin termo.-e.h.q.-sinin, istilikkeçirməsi və elektrikkeçirməsinin otaq temperaturunda

tərkibdən asılı olaraq dəyişməsi şəkil 2-də verilmişdir. Sistemdə bismutun qalliumla qismən əvəzlənməsi istilikkeçirmənin qiymətinin Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>-də  $4.2 \cdot 10^{-4}$  vt/sm-dər və  $380 \text{ om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$  olduğu halda, 2 mol % GaTe olan ərintidə  $2.8 \cdot 10^{-4}$  vt/sm-dər və  $185 \text{ om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$  qədər azalır. Termo.-e.h.q.-si tərkibdən asılı olaraq artır: Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>- də ~ 150 mkv/dər olduğu halda, 2 mol % GaTe olan nümunədə artaraq ~ 225 mkv/dər olur.



$\text{Bi}_2\text{Te}_3$ -ün özü kimi onun əsasında olan ərintilərdə p-tip keçiriciliyə malikdirlər.  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ -ün  $\text{GaTe}$ -lə qismən əvəzlənməsi zamanı ərintilərin termo. – e.h.q. -nin temperatur asılılığı (ölçmə otaq temperaturundan 620 K qədər aparılmışdır) göstərir ki, 350 – 400 K əvvəlcə azalır, temperaturun artması ilə sonradan artır. Bu anomaliya istilikkeçirmənin temperatur asılılığında da özünü göstərir. Belə ki, ərintilərin istilik-keçirmələri

500 K qədər artaraq maksimuma çatır, sonra temperaturun artması ilə kəskin azalmağa doğru gedir. Termo.–e.h.q.–də elektrik keçirmədə və istilikkeçirmədə 350–450 K-də ki bu anomaliya  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ -ün tərkibinin stexiometriyadan kənara çıxması ilə izah olunur. [4].



## ƏDƏBİYYAT

1. Медведева З.С. Халькогениды элементов III Б подгруппы периодической системы. М.: Наука. 1968. 315 с.

// Медведева З.С. Халкогениді елементів III Б підгрупи періодическої системи. М.: Наука. 1968.315с.

2. Гольцман Б.М. и др. Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>. М.: Наука. 1972. 334 с.

// Гольцман Б.М. и др. Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>. М.: Наука. 1972. 334 с.

3. Исмаилов Ф.И., Алиев Ф.Г., Шахбазов М.Г. Влияние содержания элемента Ег на физико-химические свойства твердых растворов (Bi<sub>2</sub>Sb<sub>5</sub>Se<sub>3</sub>Te<sub>6</sub>) n-типа. X Меж-

дународное Курнаковское совещание по физико-химическому анализу. Самара. 2013. 342 с.

// Исмаилов Ф.И., Алиев Ф.Г., Шахбазов М.Г. Влияние содержания элемента Ег на физико-химические свойства твердых растворов (Bi<sub>2</sub>Sb<sub>5</sub>Se<sub>3</sub>Te<sub>6</sub>) n-типа. X Международное Курнаковское совещание по физико-химическому анализу. Самара. 2013. 342 с.

4. Offergeld G., Van Cakenberghe J. // J.Phys. Chem. 1959.11.310.

### ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В СИСТЕМЕ GaTe-Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>

*М.Г.Шахбазов, С.Ш.Зейналлы, Э.М.Мустафаева*

*Физико-химическими методами анализа исследована система GaTe-Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>. Установлено, что система является квазибинарной эвтектического типа. Состав эвтектики 65 мол % Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, температура 550 °С. На основе исходных компонентов выявлены области ограниченной растворимости. Исследованы термоэлектрические свойства сплавов на основе Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>.*

**Ключевые слова:** твердые растворы, эвтектика, квазибинарный, ликвидус, солидус.

### PHASE EQUILIBRIUMS IN GaTe-Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> SYSTEM

*M.G.Shahbazov, S.Sh.Zeynally, E.M.Mustafayeva*

*The use of physical-chemical methods of analysis made it possible to examine GaTe-Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> system. It found that the system is quasi-binary of eutectic type. Composition of eutectics is 65 mol% Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, temperature 550 °C. Areas of restricted solubility have been identified on the basis of source data. Thermoelectric properties of alloys on Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> basis analysed.*

**Keywords:** solid solutions, eutectics, quasi-binary, liquidus, solidus.

*Redaksiyaya daxil olub 01.06.2014.*

