

## $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}\langle\text{Ni}\rangle$ TƏBƏQƏLƏRİNİN KRİSTALLİK VƏ SƏTH QURULUŞU

S.R. ƏZİMOVA

*Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Fizika İnstitutu,  
AZ1143, Bakı, H.Cavid pr., 131.*

Ni ilə interkalyasiya olunmuş laylı  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  kristallarının kristallik quruluşu rentgen difraksiyası analizi ilə öyrənilmişdir. Əldə olunan diffraqtoqramların təhlili  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}\langle\text{Ni}\rangle$  quruluşunda  $\text{Ni}_{1.297}\text{Te}$  və  $\text{NiSeTe}$  birləşmələrinin əmələ gəlməsini təsdiqlədi. Skanedici elektron mikroskopunda (SEM) kristal səth quruluşunun öyrənilməsi təbəqələrin 100-200 mkm ölçülü paralel laylardan təşkil olduğunu göstərdi.

**Açar sözlər:** SEM, quruluş, kristal.

**PACS:** 62.20Fe, 61.72.Cc, 61.72.Lk

### 1. GİRİŞ

Yarımkeçirici xassələrə malik olan birləşmələr geniş tədqiq edilən funksional materiallardan hesab edirlər [1]. Son zamanlarda bu birləşmələrin müxtəlif fiziki xassələri təzyiq, temperatur kimi xarici təsirlər altında tədqiq edilir [2]. Yarımkeçirici materiallarda quruluş qüsurlarının yaranması, keçiricilik, həmçinin onların xassələrinə müxtəlif növ şüalanmaların təsirinə öyrənilməsi ilə bağlı çox saylı tədqiqatlar aparılır [3].

Bismut tellurid  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  və onun ərintiləri otaq temperaturunda tətbiq etmək üçün ən yaxşı termoelektrik materiallardır. Bu materiallarda termoelektrik ötürmə, termoelektrik dərəcəsi ilə xarakterizə olunur

$$ZT = \sigma S^2 T / \chi$$

burada  $T$  - temperatur,  $\sigma$  - elektrik keçiriciliyi,  $S$  - Zeeberk əmsali,  $\chi$  - elektron və fononların istilik keçiriciliyidir [4].

Son illərdə həm klassik, həm də kvant ölçü effektlərindən istifadə etməklə materialların termoelektrik səmərəliliyinin artırılması imkanları intensiv şəkildə öyrənilmişdir. Kvant quyuları və ya kvant nöqtələri olan kiçik nümunələrin istehsalı bahalı avadanlıqların istifadəsi ilə əlaqədardır. Bu mənada, həcmli nanostrukturlaşdırılmış materialların istifadəsinə əsaslanan bir yanaşma maraqlıdır. Bu yanaşma əhəmiyyətli dərəcədə qənaətlidir. Bu halda nümunədə  $Z$  dərəcəsinin termoelektrik rəqəmini artıran müxtəlif fiziki mexanizmlərin görünə biləcəyi şərtlər meydana çıxır. Belə təsirlərdən biri, nanohissəciklərin sərhədlərində fononların və elektronların səpələnməsidir [5].

Məlumdur ki, bismut telluridin kristal qapağının daxili qüsurları elektrik cəhətdən aktivdir və eyni tərkibdə olan nümunələrdə daşıyıcıların konsentrasiyasını müxtəlif istehsal üsullarından istifadə edərək çox dəyişə bilməsi mümkündür. Buna görə də, bu xüsusiyyətlərin müşahidə olunması kristalların təqdim olunmuş Sn atomlarının və daxili qüsurların miqdarının nisbətindən və istehsal texnologiyasından asılıdır. Qeyd olunan xüsusiyyətlər valent zonanın yuxarı hissəsində yerləşir aşqarların rezonans vəziyyətləri modelində izah olunur. Bu

vəziyyətlərin dərinliyi  $\epsilon_i \approx 15-30\text{meV}$ -dir, deşik enerjisi miqyasındadır [6].

Bərk məhlullarda metal əvəzləmələrinin tətbiqi ilə aşağı temperaturda baş verən əlavə daşıyıcı səpələnməsinin qarşısını almaq olar. Sb atomları Bi atomlarına yaxın olduqları üçün kvazi-ikili  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  əsaslı ərintilərdə kristal qəfəs parametrlərində minimal dəyişikliklər edirlər [6], bu səbəbdən  $n\text{-Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_3$  sistemində ( $0 < x < 0.5$ ) yükdaşıyıcısının dağılmasının daha da azalması mümkündür.

Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki,  $n\text{-Bi}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_3$  bərk məhlul sistemində atomların anion (Te) və kation (Bi) ilə eyni vaxtda dəyişdirilməsi ilə daha mürəkkəb ərintilərin istifadəsi maraqlı doğurur və nanoelektronikada istifadə edilə bilər [7].

Bu işdə, rentgen quruluş analizi metodu vasitəsilə Ni-lə interkalyasiya olunmuş  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  laylı kristallarının quruluşu tədqiq edilmiş, skanedici elektron mikroskopu vasitəsilə Ni elementinin  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  birləşməsinin səth quruluşuna təsiri öyrənilmişdir.

### 2. TƏCRÜBƏLƏR.

Rentgen quruluş tədqiqatları  $\text{CuK } \alpha$  şüalanma,  $2\theta = 5-80^\circ$ ,  $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$  parametrləri Bruker rentgen difraktometrində otaq temperaturunda yerinə yetirilmişdir.

Ni-lə interkalyasiya olunmuş  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  laylı kristallarının səth quruluşu JEOL JSM-6610LV (Scanning Electron Microscope) skanedici elektron mikroskopu vasitəsilə tədqiq edilmişdir.

### 3. NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

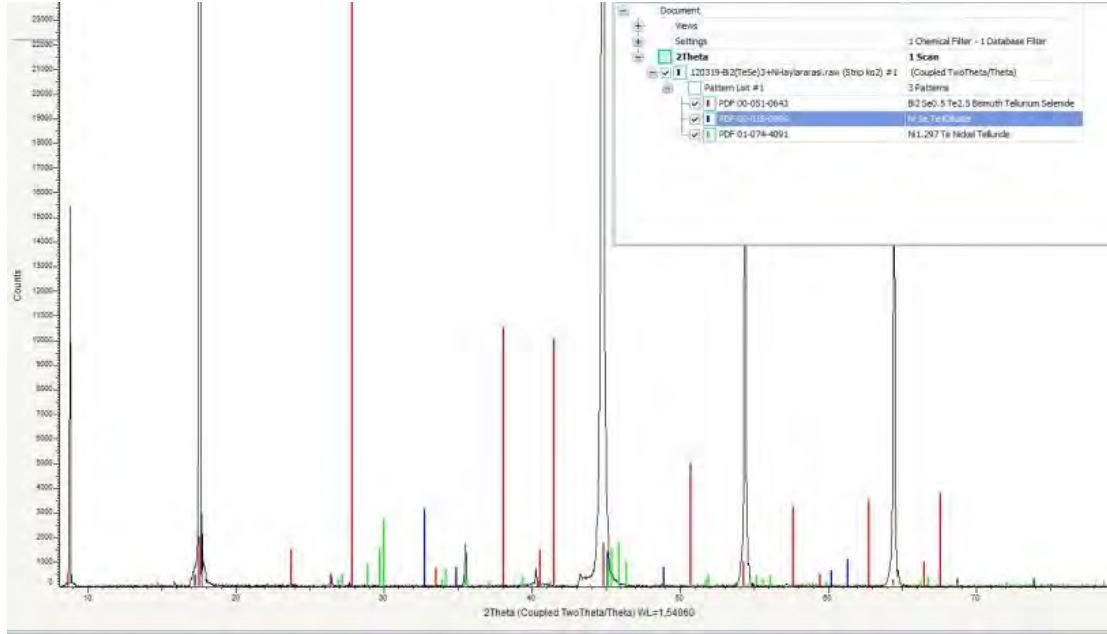
Ni-lə interkalyasiya olunmuş  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  laylı kristallarının otaq temperaturunda və normal şəraitdə alınmış rentgen difraksiyası mənzərəsi şəkil 1-də verilmişdir.

Nikel metalı ilə interkalyasiya olunmuş  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  laylı kristallarının difraksiya mənzərələrinin analizi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, alınmış spektrlər  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  kristallarına uyğun gələn difraksiya maksimumları ilə yanaşı, iki müxtəlif fazadan da ibarətdir. Bu fazaların biri nikel atomlarının əmələ gətirdikləri  $\text{Ni}_{1.297}\text{Te}$  birləşməsinə, ikincisi isə  $\text{NiSeTe}$  birləşməsinə uyğun gəlmişdir. Quruluş analizləri göstərmişdir ki, nikel atomları ilə interkalyasiya

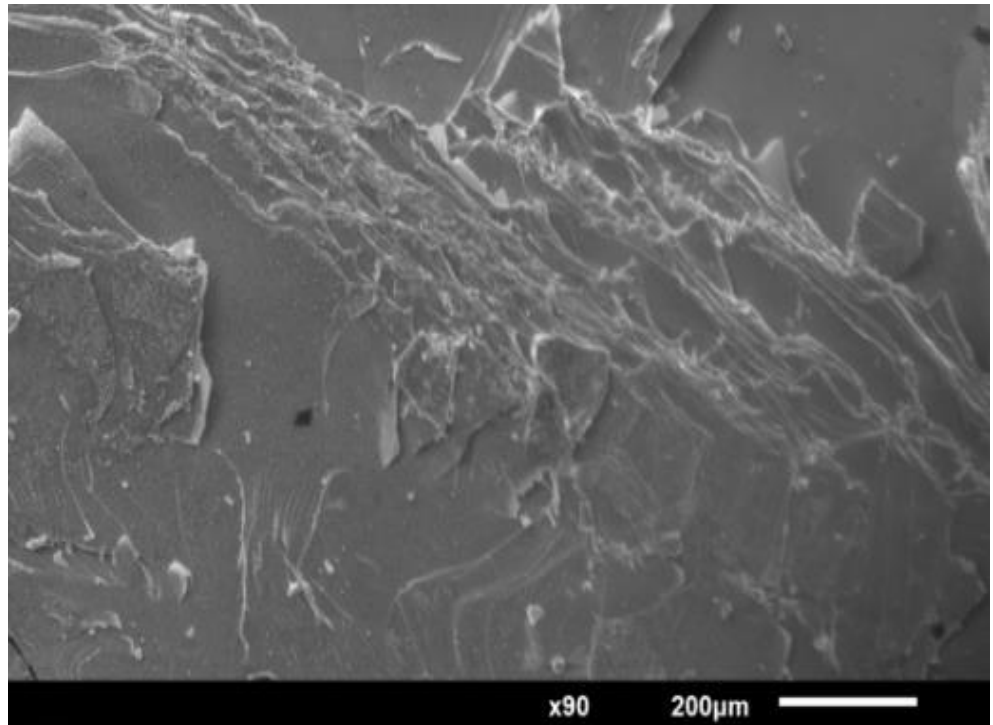
edilərkən, atomlar  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  laylı kristallarının içərisində asılı vəziyyətdə qalmır, tellur və selen atomları ilə kovalent rabitələr əmələ gətirir.

Skanedici elektron mikroskopu vasitəsilə Ni-lə interkalyasiya olunmuş  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  laylı kristallarının səth quruluşu tədqiq edilmişdir. Alınmış səth morfolo-

giyası şəkil 2-də verilmişdir. Göründüyü kimi kristallar monokristal şəkildə sintez edilmişdir. Səthdə  $d=200\text{nm}$  miqyasda verilmiş quruluşda müxtəlif ölçüdə paralel laylar müşahidə edilmişdir. Bu da səthin təmizlik və kristallaşma dərəcəsi ilə əlaqədardır.



Şəkil 1. Nikel ilə interkalyasiya edilmiş  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}\langle\text{Ni}\rangle$  folqalarının rentgen-difraktoqramları.



Şəkil 2. Nikel ilə interkalyasiya edilmiş  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}\langle\text{Ni}\rangle$  folqalarının morfolojiyası.

#### 4. NƏTİCƏ

1.  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  təbəqəsinin Ni ilə interkalyasiyası, quruluşda 1,17% miqdarında  $\text{Ni}_{1.29}\text{Te}$  yarımkəçirici birləşməsi yaranmasına səbəb olur.

2.  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  kvintetlərini elektroaktiv nikel ionları ilə interkalyasiyası Bi-Te-Se zəncirindəki tellur atomlarının 1,33% Ni-Te-Se qatının meydana gəlməsi ilə baş verir.

3. Ni ilə interkalyasiya  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  nazık təbəqələrində kristallikliyi artırır.

- 
- [1] *Y.I. Aliyev, N.A. Ismayilova, R.F. Novruzov, A.O. Dashdamirov, H.J. Huseynov, S.H. Jabarov, A.A. Ayubov.* Modern Physics Letters B, 2019, 33, P.1950242.
- [2] *N.T. Mamedov, S.H. Jabarov, D.P. Kozlenko, N.A. Ismayilova, M.Yu. Seyidov, T.G. Mammadov, N.T. Dang.* International Journal of Modern Physics B, 2019, 33, P.1950149.
- [3] *A.S. Alekperov, S.H. Jabarov, M.N. Mirzayev, E.B. Asgerov, N.A. Ismayilova, Y.I. Aliyev, T.T. Thabethe, N.T. Dang.* Modern Physics Letters B, 2019, 33, P.1950104.
- [4] *H.J. Goldsmid.* "Thermoelectric Refrigeration" (Plenum, New York, 1964).
- [5] *Л.П. Булат, И.А. Дрaбкин, В.В. Каратаев, В.Б. Освенский, Д.А. Пшенaй-Северин.* ФТТ, 2010, том 52, вып. 9, с. 1712-1716.
- [6] *Б.М. Гольцман, В.А. Кудинов, И.А. Смирнов.* Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ . М., Наука, 1972.
- [7] *В.А. Кутасов, Л.Н. Лукьянова, П.П. Константинов* Физика и техника полупроводников, 2000, том 34, вып. 4, с. 1256-1262.

**S.R.Azimova**

### **CRYSTALLIZATION OF $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}<\text{Ni}>$ LAYERS AND SURFACE STRUCTURE**

The crystal structure of  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$  crystals intercalated with Ni was studied by X-ray diffraction analysis. Analysis of the obtained diffractograms confirmed the formation of  $\text{Ni}_{1.29}\text{Te}$  and  $\text{NiSeTe}$  compounds in the  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}<\text{Ni}>$  structure. A scanning electron microscope (SEM) study of the crystal surface structure showed that the layers consisted of parallel sublayers 100-200  $\mu\text{m}$  in size.

**С.Р. Азимова**

### **КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТИ СЛОЕВ $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}<\text{Ni}>$**

Кристаллическая структура слоистых кристаллов  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ , интеркалированных Ni исследована методом рентгеноструктурного анализа. Анализ полученных дифрактограмм подтвердил образование соединений  $\text{Ni}_{1.29}\text{Te}$  и  $\text{NiSeTe}$  в структуре  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}<\text{Ni}>$ . Исследование структуры поверхности кристаллов на растровом электронном микроскопе (СЭМ) показало, что слои состоят из параллельных подслоев размером 100-200 мкм.

*Qəbul olunma tarixi: 02.11.2020*