

Ho-Sb-Te ÜÇLÜ SİSTEMİNDƏ QARŞILIQLI TƏSİRİN Sb₂Te₃-Ho KƏSİYİ ÜZRƏ TƏDQIQI

Fuad Mikayıl oğlu Sadıqov, Nərmin Şahin qızı Məmmədova,
Teymur Məmməd oğlu İlyash
Bakı Dövlət Universiteti, Bakı, Azərbaycan

STUDY OF THE INTERACTION IN THE TERNARY SYSTEM Ho-Sb-Te ON Sb₂Te₃-Ho CROSS SECTION

Fuad Mikayıl Sadygov, Narmin Shahin Mammadova, Teymur Mammad İlyasly

Baku State University, Baku, Azerbaijan: fuad.sadiqov.55@mail.ru, narmin-mammadova91@mail.ru,

teymur.ilyasly@mail.ru

<https://orcid.org/0009-0006-0571-6800>, <https://orcid.org/0009-0007-0105-2899>,

<https://orcid.org/0000-0002-3211-9183>

Abstract. Phase formation in the Sb₂Te₃-Ho system was studied by methods: differential-thermal (DTA), X-ray phase (XRD), microstructural (MSA), as well as by measuring density and microhardness, and built a T-x phase diagram. It has been established that the phase diagram of the Sb₂Te₃-Ho system is a non quasi-binary section of the Ho-Sb-Te ternary system. This system intersects the area of the three subordinate triangles of the ternary system. In the system based on Sb₂Te₃, a solid solution area was found in the range of 0-5 mol% Ho concentration at room temperature.

Keywords: phase, non quasi-binary, eutectic, solid solution, microhardness.

© 2023 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

Giriş

Komponentlərin elektron quruluşları kəskin fərqlənən sürmə və holmium xalkogenidləri müxtəlif yarımkeçiricilər sinfinə aiddir. Bunlar əsasında yeni çox funksiyalı xassələrə malik materialların alınması aktualdır. Ho-Sb-Te üçlü sistemini təşkil edən binar sistemlər sahəsində fundamental tədqiqat işlərinin aparılmasını tələb edir.

Tetradimit laylı quruluşa malik Sb₂Te₃, onun əsasında alınan bərk məhlullar, aşqarlanmış fazalar, kompozisiya materialları qiymətli yarımkeçirici və termoelektrik materiallar kimi XX əsrin 50-ci illərindən tədqiqatçıların daim diqqət mərkəzində olmuşdur. Qeyd edilən materialların bəziləri pro-tativ soyuducuların, tənzimləyici qurğuların, kosmik stansiyalarda elektrik enerjisi əldə edilməsində tətbiq olunurlar [1, s. 241-248], [2, s.1008-1009], [3, s. 153-154], [4, s. 98-115].

Əsrimizin əvvəllərində materiyanın yeni kvant halının-topoloji izolyatorun kəşfi Sb₂Te₃-ə olan marağı yenidən kəskin artırdı. Müəyyən edildi ki, tetradimitə bənzər laylı quruluşlu tipli binar birləşmələr və onların üçlü analoqları topoloji-izolyator xassəsinə malik olub, spinotronikada, tibbdə, təhlükəsizlik sistemlərində və s. sahələrdə tətbiqi üçün olduqca perspektivlidirlər [5, 6, 7, 8, 9, 10], [11, s. 169-236].

Digər tərəfdən geniş spektrli fiziki-kimyəvi xassələrə malik NTE xalkogenidləri o cümlədən, holmium xalkogenidləri termoelektrik, maqnit materialları kimi geniş tətbiq olunurlar. Holmiumdan lazer şüası alınmasında istifadə edilir [12], [13, s. 170-178].

Tədqiqat metodları

Sb₂Te₃-Ho sisteminin tədqiqi fiziki-kimyəvi analizin ənənəvi metodları olan differensial-termiki analiz (DTA), rentgen faza analizi (RFA), mikroquruluş analizi (MQA), mikrobərkliyin ölçülməsi, sıxlığın təyini üsulları ilə aparılmışdır.

Sistemin ərintilərinin 1300 K-ə qədər DT analizi vakuum şəraitində alman firması NETZSCH 404 F1 Peqasus sistemi qurğusunda (xromel-alumel və Pt-Pt/Rh termocütlərindən istifadə etməklə TC-08 Termocouple Data Laser elektron məlumat qeydləri cihazı əsasında yığılmış çox kanallı DTA qurğusunda həyata keçirilmişdir. Sistemin yüksək temperaturda əriyən ərintiləri BTA-987 markalı cihazda (RYTY 51-681-75 markalı arqon mühitində) W-W/Re termocütündən istifadə etməklə aparılmışdır.

Ərintilərin ovuntu difraktoqramları Almaniyanın Bruker firmasının D8 ADVANCE və D2 Phaser cihazında çəkilmişdir. Ərintilərin mikroquruluş analizi MİM-8 markalı (500Xböyüdən) mikroskopda, mikrobərklikləri isə PMT-3 markalı cihazdan istifadə etməklə aparılmışdır.

Təcrübi hissə

Sb₂Te₃-Ho sisteminin ərintilərinin sintezi yüksək təmizlik markasına malik elementlərdən Ho metallik Ho -Holm-O, Sb- B-4, Te- TA-2 istifadə etməklə aparılmışdır.

Sistemin ərintiləri havası 10⁻² Pa qədər seyrəkləşdirilmiş, qrafitləşdirilmiş kvars ampulalarda bir temperaturalı şaquli peçdə tərkibdən asılı olaraq 1100-1300K temperaturda 6 saat ərzində sintez edilmişdir.

Sintezdən sonra nümunələr əzilərək toz halına keçirilmiş və xüsusi cihazın köməyi ilə 250 kQ/sm³ sıxılaraq həb halına salınmışdır. Ərimə temperaturu çox yüksək olan ərintilərin sintezində bərk fazalı sintez geniş tətbiq olunur [14, s. 133-141], [15, s. 123-179].

Həb halına salınmış ərintilər kvars ampulalarda vakuum şəraitində 5-6 saat ərzində yenidən bərk sintezə uğradılmış və yenidən ampulalardan həbləri çıxardaraq əzib toz halına salınmış və yenidən sıxılaraq həb halında təkrar sintezə uğradılmışdır.

Sintezdən sonra nümunələr cədvəldə göstərilmiş temperatur şəraitində termiki emala uğradılmışdır.

Ho-Sb₂Te₃ sistemi ərintilərinin termiki emal şəraitləri

Tərkib, mol% Sb ₂ Te ₃	Temperatur rejimi K.T	Termiki emal vaxtı, saat.	Faza tərkibi
0-35	600	250	Sb ₂ Te ₃ , α, ρ, β, β', HoTe
35-65	700	300	HoSb ₂ , HoTe, Sb
65-100	550	500	Ho, HoTe, Ho ₅ Sb ₃

Cədvəldən göründüyü kimi sistemin ərintiləri müxtəlif temperatur və zaman şəraitində aparılmışdır. Termiki emaldan sonra ərintilər fiziki-kimyəvi analizin kompleks metodları differensial-termiki analiz (DTA), rentgen faza analizi (RFA), mikroquruluş analizi (MQA), mikrobərkliyin ölçülməsi, sıxlığın təyini ilə tədqiq edilmişdir.

Alınan nəticələrin tətbiqi

DTA-nın nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, termoqramlarda tərkibdən asılı olaraq müxtəlif sayda endotermiki temperatur effektləri olub dönəndirlər. Termoqramlarda alınmış çox saylı temperatur effektlərinə əsasən demək olar ki, sistemdə kimyəvi qarşılıqlı təsir mürəkkəb xarakterə malikdir.

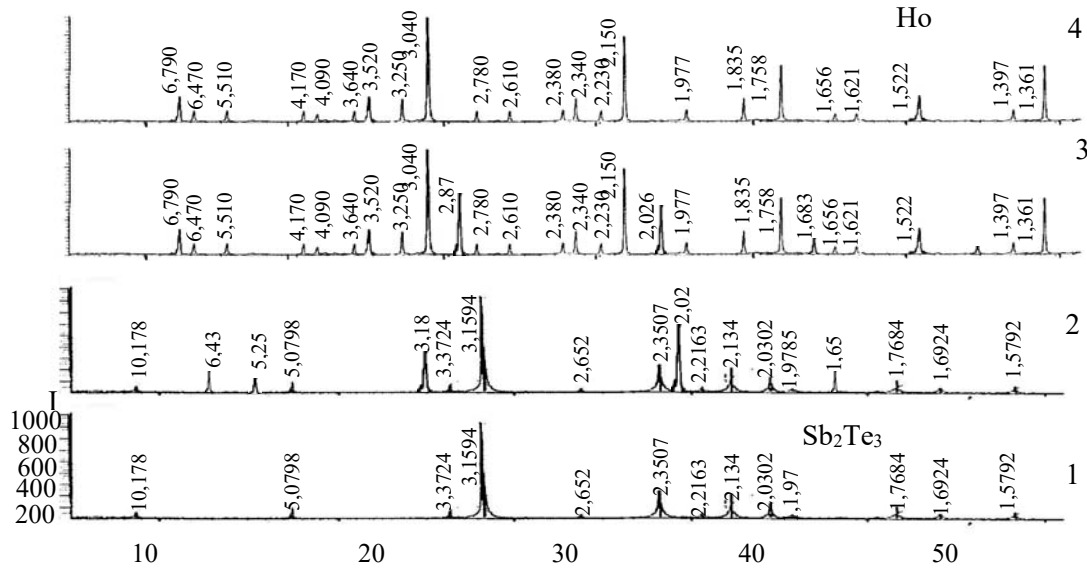
Ərintilərin RFA analizinin nəticələri çəkilmiş difraktoqramlara əsasən müəyyən edilmişdir ki, difraktoqramlarda alınmış rentgen refleksləri ilkin və aralıq komponentlərin rentgen reflekslərinin qarışığından ibarətdir. Bu halda onu deməyə əsas verir ki, sistemdə qarşılıqlı təsir mürəkkəb xarakterlidir (Şəkil 1).

Mikroquruluş analizinin nəticələrinə əsasən deyə bilərik ki, sistemin ərintiləri 0-50 mol% Ho intervalında bir, iki və üç fazalı, 50-100 mol% Ho intervalında nümunələr iki və üç fazalıdır (Şəkil 2).

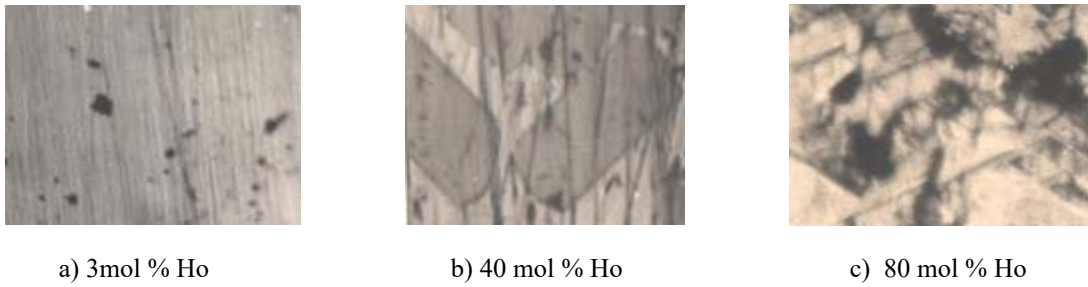
Ərintilərin mikrobərkliyin ölçülməsi nəticələrinə əsasən 11 sıra qiymətlər alınmışdır ki, bu da uyğun olaraq HoSb, Ho₅Sb₃, Ho₄Sb₃, HoSb₂, Sb₂Te₃, Sb, α, γ, β, β' HoTe fazalarına uyğun gəlir.

Yuxarıda qeyd edilmiş tədqiqat metodlarının nəticələrinə əsasən Sb₂Te₃-Ho sisteminin hal diaqramı qurulmuşdur (Şəkil3).

Şəkil 3-dən göründüyü kimi sistemdə kimyəvi qarşılıqlı təsir mürəkkəb xarakterə malikdir və sistem Ho-Sb-Te üçlü sistemin qeyri-kvazibinar kəsiyi olub üçlü sistemin üç tabeli üçbucağının sahəsini kəsir. 1.HoTe-Sb-Sb₂Te₃, 2.HoSb-Sb-HoTe, 3.HoSb-Ho-HoTe.



Şəkil 1. Sb_2Te_3 -Ho sisteminin difraktoqramları: 1 – Sb_2Te_3 , 2 – 30 mol%, 3 – 60 mol% Ho, 4-Ho.

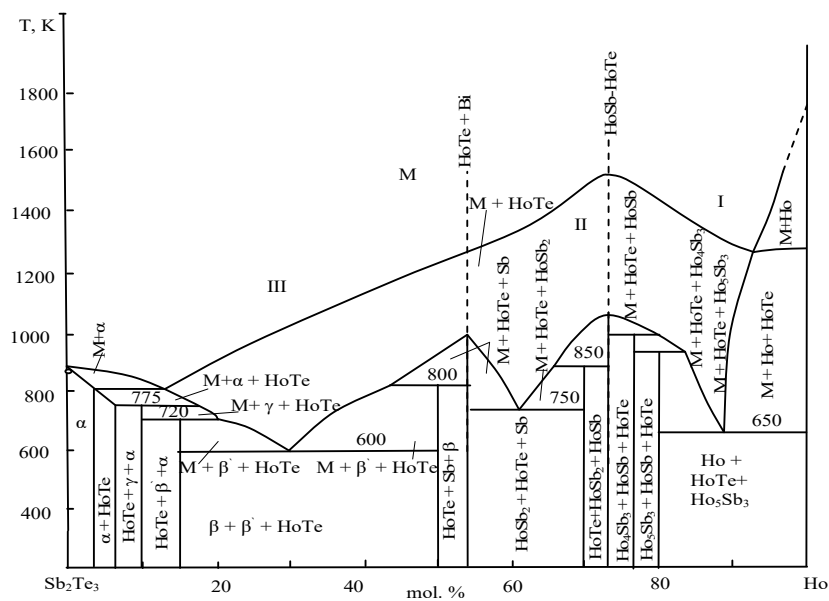


a) 3mol % Ho

b) 40 mol % Ho

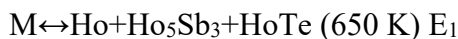
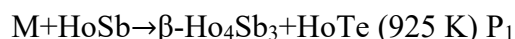
c) 80 mol % Ho

Şəkil 2. Sb_2Te_3 -Ho sisteminin bəzi ərintilərinin mikroquruluşu.
a – bir fazlı, b – iki fazlı, c – üç fazlı.

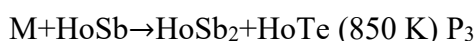


Şəkil 3. Sb_2Te_3 - Ho sisteminin hal diaqramı.

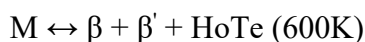
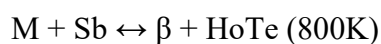
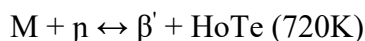
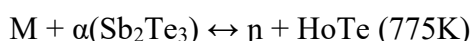
Diaqramın I hissəsində (0-35 mol% Sb_2Te_3) aşağıdakı dörd fazalı tarazlıq reaksiyaları əks olunub:



Sistemin II hissəsində (35-65 mol% Sb_2Te_3) aşağıda qeyd edilən dörd fazalı tarazlıq prosesləri əks olunub:



Sistemin III hissəsində (65-100 mol% Sb_2Te_3) isə iki üçlü peritektik və bir evtektik reaksiya baş verir:



Nəticə

Sb_2Te_3 -Ho sistemində faza əmələgəlmə fiziki-kimyəvi analiz metodları: diferensial-termiki (DTA), rentgenfaza (RFA), mikroquruluş (MQA), həmçinin sıxlığın və mikrobərkliyin ölçülməsi vasitəsilə tədqiq edilmiş və T-x faza diaqramı qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, sisteminin faza diaqramı Ho-Sb-Te üçlü sisteminin qeyri kvazibinar kəsiyidir. Bu sistem üçlü sisteminin üç tabeli üçbucağının sahəsini kəsir.

Sb_2Te_3 - Ho sisteminin likvidus əyrisi dörd fazanın ilkin kristallaşma əyrisindən (M+Ho), (M+HoSb), (M+HoTe), (M+ $\alpha(\text{Sb}_2\text{Te}_3)$) təşkil olunmuşdur. Sistemdə Sb_2Te_3 əsasında otaq temperaturunda 5 mol%, evtektika temperaturunda isə həllolma artaraq 7 mol% Ho bərk məhlul sahəsi aşkar olunmuşdur.

ƏDƏBİYYAT

1. Гольцман Б.М., Кудинов В.А., Смирнов И.А. Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3 , М: наука, 1972, 320 с.
2. Rowe D.M. Thermoelectrics handbook/ Macro to nano CRC Press, Taylor Francis Group Boca Raton, FL, USA, 2006, 1008 p.
3. Абрикосов Н.Х., Банкина В.Ф., Порецкая Я.В. Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе М: Наука 1975, 220 с.
4. Новоселовой А.В., Лазарева В.Б. Физико-химические свойства полупроводниковых веществ. Справочник. под ред. М: наука 1976, 339 с.
5. Moore, J.E. The Birth of Topological Insulators // Nature, 2010. 464, p.194-198.
6. Kane C.L., Moore J.E. Topological Insulators // Physics World, 2011, v.24, pp.32-36.
7. Nechaev İ.A., Aguilera İ., De Ren V. Dibona A., Babanlı M.B. Quasiparticle spectrum and plasmonic excitations in the topological insulator Sb_2Te_3 . Rhys. Rev. B. 2015, V.91, p.245123(8).
8. Liu I., Vanderbilt D. Weyl semimetals from noncentro symmetric topological insulators (LaBiTe_3 , LuBiTe_3 , LaSbTe_3 , LuSbTe_3) // Phys. B., 2014, p.155316.
9. Yan B., Zhany S.H. Lin C-X. LnBiTe_3 topological insulator Rhys. Rev. B 2010, V82, p.161108.
10. Sadiqov F.M., İlyaslı T.M., Məmmədova N.Ş., İsmayılov Z.İ. Termoelektrik material, Patent (İxtira) İ 2023 0059.
11. Ярембаш Е.И., Елисеев А.А Халькогениды редкоземельных элементов. Москва: наука, 1975, 131 с.
12. Голубков А.В., Жуков Т.Б., Сергеева В.М. Синтез халькогенидов редкоземельных элементов // Изв. АН СССР. Неорган. материалы, 1976, т.2, №1, с.77-81.
13. Рустамов П.Г., Алиев О.М., Эйнуллаев А.В., Алиев И.П. Хальколантанаты редких элементов. М: Наука, 1989, 284 с.
14. M.B.Babanlı, T.M.İlyaslı, F.M.Sadiqov, Y.Ə.Yusibov, A.B.Eynullayev Fiziki-kimyəvi analiz praktikum. Dərslik. / Bakı: Bakı universiteti nəşriyyatı, 2008. 243 s.
15. Quliyev T.M., İlyaslı T.M., Sadiqov F.M. və b. Bərk cisimlər kimyası. Dərslik, Bakı uniprint nəşriyyatı, 2009, 330 s.

Ho-Sb-Te ÜÇLÜ SİSTEMİNDƏ QARŞILIQLI TƏSİRİN Sb_2Te_3 -Ho KƏSİYİ ÜZRƏ TƏDQIQI

F.M.Sadıqov, N.Ş.Məmmədova, T.M.İlyashı

Xülasə. Sb_2Te_3 -Ho sistemində faza əmələgəlmə fiziki-kimyəvi analiz metodları: diferensial-termiki (DTA), rentgen-faza (RFA), mikroquruluş (MQA), həmçinin sıxlığın və mikrobərkliyin ölçülməsi vasitəsilə tədqiq edilmiş və T-x faza diaqramı qurulmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, sistemin Sb_2Te_3 -Ho faza diaqram Ho-Sb-Te üçlü sisteminin qeyri-kvazibinar kəsiyidir. Bu kəsik üçlü sisteminin üç tabeli üçbucağının sahəsini kəsir. Sistemdə Sb_2Te_3 əsasında otaq temperaturunda 0-5 mol% Ho qatılıq intervalında bərk məhlul sahəsi aşkar edilmişdir.

Açar sözlər: faza, qeyri-kvazibinar, evtektika, bərk məhlul, mikrobərklik.

Accepted: 22.11.2023