

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
AKADEMİK M.F.NAĞİYEV adına
KİMYA PROBLEMLƏRİ İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

MUSAYEVA RƏNA LƏTİF QIZI

**CA–IN–SE (TE) ÜÇLÜ SİSTEMLƏRİNDƏ FAZA TARAZLIĞI
VƏ ALINAN FAZALARIN XASSƏLƏRİ**

İxtisas – 2303.01 – Qeyri-üzvi kimya

Kimya üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq
üçün təqdim olunmuş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

B A K I – 2013

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akad. M.F.Nağıyev adına Kimya Problemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbərlər:

İ.İ.Əliyev

kimya elmləri doktoru, prof.

N.İ.Yaqubov

kimya elmləri namizədi, dosent.

Rəsmi opponətlər:

M.B Babanlı

kimya elmləri doktoru, prof.

Y.Ə.Yusibov

kimya elmləri doktoru, prof.

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Dövlət Texniki Universiteti
“Kimya kafedrası”

Dissertasiya işinin müdafiəsi «_____» _____ 2013-cu il saat _____ Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akad. M.F.Nağıyev adına Kimya Problemləri İnstitutunun nəzdindəki D01.021 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Az1143, Bakı şəhəri H.Cavid pr., 29

E-mail: itpecht@ itpecht.ab.az

Dissertasiya ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının M.F.Nağıyev adına Kimya Problemləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat göndərilmişdir «_____» _____ 2013-cu il

**D01.021 Dissertasiya Şurasının
elmi katibi, kimya elmləri namizədi b.e.i.**

S.Ə.Əliyeva

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Müasir dövrdə elektron sənayesinin, xüsusilə kompüter texnikasının intensiv inkişafı infraqırmızı şüalanmaya şəffaf, aşağı udulma əmsalına, yüksək işıq sındırma göstəricisinə, termiki və mexaniki təsirlərə qarşı, habelə korroziyaya davamlı materiallara böyük tələbat yaratmışdır. Bu nöqtəyi-nəzərdən materialın asan texnoloji üsulla alınması mühüm əhəmiyyət kəsb edir, başqa sözlə optiki xassələrini saxlayan iri həcmli kristalların alınması tələb olunur.

Mürəkkəb tərkibli yarımkeçiricilər arasında xalkogenidlər və onların əsasında alınan materiallar xüsusi yer tutur.

Kalsium və onun xalkogenidli birləşmələri lüminessensiya əmələ gətirici aktivator kimi müxtəlif maddələrə əlavə edirlər. Bu nöqtəyi-nəzərdən kalsium və onun birləşmələri olduqca maraqlı xassələrə malikdirlər.

II qrup elementlərinin üçkomponentli xalkogenidləri elektron texnikasının perspektivli materialları sırasına daxilirlər. Bu sinfə aid olan birləşmələrin bir çoxu yüksək elektrooptik effektivli və dispersiya xassələri göstərir ki, bu da onların IQ- oblastda lazer şüalarını idarə etmək üçün istifadə edilməsinə imkan yaradır.

Ca (Ba) –In – S(Se,Te) sistemləri son illərdə tədqiqatçıların diqqətini özünə cəlb edir.

Mühüm əhəmiyyətinə baxmayaraq, tərkibində kalsium olan çoxkomponentli Ca (Ba) –In – S(Se,Te) üçlü sistemlər tam ətraflı tədqiq edilməmişdir.

Tərkibində kalsium saxlayan çoxkomponentli xalkogenid fazaların quruluş və fiziki –kimyəvi xassələrinin öyrənilməsi problemlərinin aktuallığı nəzəri planda müxtəlif tərkibli birləşmələrin quruluşunun yaranma mexanizmi, onların tərkibi, quruluş və xassələri arasındakı əlaqəni inkişaf etdirməyə yardım etmiş olardı. Tərkib, quruluş və xassə arasında korellasiyanın müəyyən edilməsi, xassələri əvvəlcədən məlum olan fazaların məqsədli sintezi üçün praktiki vacib məsələlərdəndir.

İşin məqsədi– Ca –In – Se (Te) üçlü sistemlərində faza tarazlığını öyrənməklə, yeni yarımkeçirici fazaların və bərk məhlulların sahələrini müəyyənləşdirməkdən, ərintilərin tərkibdən asılı olaraq fiziki-kimyəvi tədqiq etməkdən ibarətdir.

Qarşıya qoyulan məqsəd aşağıdakı tədqiqatların aparılmasını tələb etmişdir: CaSe-InSe, In –CaSe, In –CaInSe₂, Se –CaIn₂Se₄, CaIn₂Se₄ - CaIn₄Se₇, InSe -CaIn₄Se₇, InSe –CaIn₂Se₄, Se- CaIn₄Se₇ və InTe -CaTe, In-

CaTe, Te-CaIn₂Te₄, InTe- CaIn₂Te₄, CaInTe₂ - CaIn₂Te₄, In - CaInTe₂ kəsiklərinin geniş qatılıq intervalında tədqiqi və onların T-x hal diaqramlarının qurulması;

–kvaziüçlü sistemlərin yuxarıda göstərilən kəsiklərində bərk məhlul və yeni fazaların sərhədlərinin təyin edilməsi;

– optiki bircinsli fazaların optimal sintez şəraitinin hazırlanması;

– kristallik fazaların Se →Te keçidində eləcə də xalkogenid tərkibdən asılı olaraq fiziki-kimyəvi xassələrinin öyrənilməsi;

– tərkibində kalsium saxlayan çoxkomponentli fazaların əsas fiziki-kimyəvi, elektrofiziki və optiki xassələrinin tədqiqi və praktiki vacib yarımkeçirici materialların məqsədli sintezi üçün kimyəvi tərkib-quruluş-xassə arasında korellasiyanın müəyyən edilməsi.

İşin elmi yeniliyi. İlk dəfə olaraq: CaSe-InSe, In -CaSe, In - CaInSe₂, Se -CaIn₂Se₄, CaIn₂Se₄ -CaIn₄Se₇, InSe -CaIn₄Se₇, InSe - CaIn₂Se₄, Se- CaIn₄Se₇ və InTe -CaTe, In-CaTe, Te-CaIn₂Te₄, InTe-CaIn₂Te₄, CaInTe₂ - CaIn₂Te₄, In - CaInTe₂ sistemləri öyrənilmiş və onların geniş qatılıq intervalında hal diaqramları qurulmuşdur.

Ca-In-Se (Te) üçlü sistemlərinin göstərilən kəsiklərində fazaəmələgəlmə və bərk məhlul sahələri tədqiq olunmuş, yeni fazaların ərimə xarakteri öyrənilmiş və hər iki üçlü sistemin likvidus səthinin proyeksiyası qurulmuşdur.

Ərintilərin və yeni fazaların aşağıdakı fiziki-kimyəvi və fiziki xassələri tədqiq edilmişdir: sıxlıq, mikrobərklik, sıxlıq, ərimə temperaturu , elektrik keçiriciliyi və optiki xassələri.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiya işinin praktiki əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, aparılmış tədqiqatlar nəticəsində Ca-In-Se(Te) üçlü sistemlərində kimyəvi qarşılıqlı təsirin xarakteri və əmələ gələn kristallik birləşmələri və bərk məhlulların yarımkeçirici xassələri haqqında tam informasiya alınmışdır.

Bu alınan informasiyalar mürəkkəb tərkibli bərk məhlulların və yeni fazaların məqsədli sintezi onların həm Se→Te sırasında, həm də tərkibdən asılı olaraq alınma metodikasının və texnoloji şəraitin optimallaşdırılması üçün istifadə edilə bilər.

Qeyd edilən üçlü sistemlərdə alınmış yarımkeçirici kristallik materiallar adigeziya qabiliyyətlidir və yüksək müqavimətli fətohəssas olduqları üçün infraqırmızı optikada (İQ) və optik cihazlarda işlədilə bilər.

Faza diaqramlarının və alınmış yeni mürəkkəb tərkibli kristallik maddələrin fiziki-kimyəvi tədqiqi zamanı alınmış nəticələr yarımkeçiricilər

sahəsində çalışan materialşünaslar və texnoloqlar üçün dəyərli məlumatlar ola bilər. Qeyd edilən nəticələr həm də yeni və qiymətli elmi göstəricilər kimi müvafiq məlumatlar kitabına və Beynəlxalq elmi informasiya sistemlərinə daxil edilə bilər.

Aprobasiya. Təsdiq olunacaq dissertasiya işinin nəticələri 10 məqalə və 6 tezisdə dərc olunmuş elmi əsərdə öz əksini tapmışdır. 1 məqalə “Неорганическая химия” jurnalında, 3 məqalə Azərbaycan kimya jurnalında, 6 məqalə Kimya Problemləri jurnalında dərc olunmuşdur.

İşin nəticələri aşağıdakı konfrans və seminarlarda müzakirə edilmişdir: Azərbaycan Elmlər Akademiyasının müxbir üzvü N.X.Əfəndiyevin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfransın materialları (Bakı.2007), Bakı Dövlət Universitetinin 90-illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq elmi konfransının materialları (Bakı, 2009), Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 87-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların respublika elmi konfransının materialları (Bakı, 2010.), Akademik T.N.Şahtaxtinskiyinin 85 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfransın materialları (Bakı. 2011), VI Ümumrusiya konfransı „Qatılaşdırılmış mühitdə və fazalararası sərhəddə fiziki-kimyəvi proseslər (FAQRAN-2012).

Dissertasiya işinin həcmi və quruluşu. Dissertasiya işi girişdən, 5 fəsildən, nəticədən ibarət olub. 173 səhifədir. Dissertasiyada 215 adda elmi ədəbiyyata istinad edilmiş, 45 şəkil və 31 cədvəl daxil edilmişdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Dissertasiya işi beş fəsildən ibarətdir. Dissertasiya işinin giriş hissəsində mövzunun aktuallığı, tədqiqat işinin məqsədi, alınmış elmi nəticələrin yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti əsaslandırılmışdır.

İşin birinci fəslində Ca-In-Se(Te) üçlü sistemlərində kimyəvi qarşılıqlı təsirin xarakteri və bu işlərə dair mövcud ədəbiyyat məlumatları toplanaraq araşdırılmış və tədqiqat işində yaradıcılıqla istifadə edilmişdir. Qeyd edilən xalkogenidlil sistemlərdə üçlü fazaların və bərk məhlulların alınması haqqında məlumatların analizi nəticəsində belə nəticəyə gəlmək olur ki, bu sahədə tədqiqatlar kifayət qədər aparılmamışdır. Bunun səbəbi II qrup elementlərinin çətin alınması və yüksək temperaturda ərimələridir.

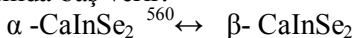
İşin ikinci fəslində Ca-In-Se(Te) üçlü sistemlərinin ərintilərinin sintezi, başlanğıc komponentlərin xarakteristikaları və işin təcrübi hissəsinin yerinə yetirməsində istifadə olunan əsas tədqiqat metodları haqqında qısa izahat verilmişdir.

Sintez olunmuş ərintilər 30-40°C sürətlə 700 °C- ə qədər soyudulmaqla və bu şəraitdə uzun müddət homogenləşdirilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, selenidli və telluridli ərintilərin sintezi iki mərhələdə aparılmışdır; birinci mərhələdə şıxta 200°C-dən 500°C -ə kimi 2-3 gün müddətində saxlanılmışdır. Daha sonra ərintilərin temperaturu 1200 °C- çatdırılmaqla 3 saat müddətində termiki emal edilmişdir. Kalsium xalkogenidləri ilə zəngin olan ərintilər ərimədiyi üçün onlar əzilərək, 200 atm. təzyiqinə qədər preslənərək həb halına salınmış və 1000-1100 °C-də bərkfazlı sintez aparılmışdır.

Üçlü ərintilər difensial-termiki (DTA, NTR-73), mikroquruluş (MİM-8 mikroskop), rentgenfaza analizi (RFA, DRON-3, CuK_α) , mikrobərkliyin ölçülməsi (PMT-3) , sıxlığın təyini və fiziki tədqiqat metodları vasitəsilə tədqiq edilmişdir. Tədqiqatlar nəticəsində bir-birini tamamlayan və təsdiqləyən məlumatlar toplusu alınmışdır.

İşin üçüncü fəslində aşağıdakı kvazibinar və qeyri-kvazibinar kəşiklər: CaSe-InSe , In-CaSe , In-CaInSe_2 , $\text{Se-CaIn}_2\text{Se}_4$, CaIn_2Se_4 - CaIn_4Se_7 , $\text{InSe-CaIn}_4\text{Se}_7$, $\text{InSe-CaIn}_2\text{Se}_4$, $\text{Se-CaIn}_4\text{Se}_7$ tədqiq edilmişdir.

CaSe-InSe sisteminin hal diaqramı kvazibinar olub, evtektik tiplidir. Sistemdə komponentlərin 1: 1 nisbətində bir CaInSe_2 tərkibli kimyəvi birləşmə əmələ gəlir (şək.1). CaInSe_2 birləşməsi peritektik reaksiya vasitəsilə 520°C-ə əmələ gəlir. CaInSe_2 birləşməsinin iki α və β faza keçidləri aşkar edilmişdir. Birləşmənin faza keçidi 520-560°C temperatur intervalında baş verir.



Müəyyən edilmişdir ki, CaInSe_2 birləşməsi rombik qəfəs tipində kristallaşır və qəfəs parametrləri : $a = 8,67$; $b = 8,19$; $c = 10,26 \text{ \AA}$; $z = 7$; $\rho_{\text{pikn.}} = 4,72 \text{ q/sm}^3$, $\rho_{\text{rent.}} = 4,99 \text{ q/sm}^3$ –dır.

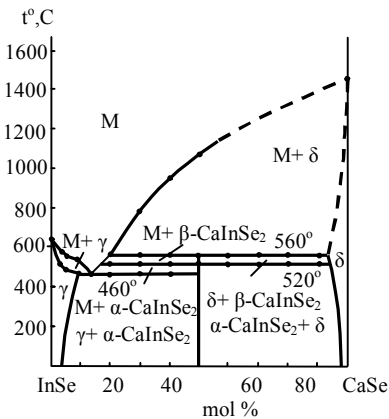
Mikroquruluş analizinin məlumatına əsasən müəyyən edilmişdir ki, InSe-CaSe sisteminə otaq temperaturunda 4 mol % CaSe həll olur. CaSe əsasında bərk məhlul sahəsinin sərhəddi dəqiq müəyyən edilmədiyi üçün bu sərhəd qırıq xətlərlə verilmiş 2~ mol % InSe təşkil edir.

InSe və CaInSe_2 birləşmələrinin birgə kristallaşması ikili evtektikada başa çatır, tərkibi 15 mol % CaSe , əriməsi isə 460°C-dir.

In-CaSe sistemi Ca-In-Se üçlü sisteminin In-CaSe kəsiyində kimyəvi qarşılıqlı təsirin xarakterini aydınlaşdırmaq məqsədilə kəsiyin geniş qatılıq intervalında ərintiləri sintez edilmişdir və fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə tədqiq edilmişdir. Nəticədə müəyyən edilmişdir ki, In-CaSe sistemi Ca-In-Se üçlü sisteminin kvazibinar kəsiyi olub, sadə evtektik tiplidir (şək.2). İndium tərəfdə cırılmış evtektika əmələ gəlmişdir.

Mikroquruluş analizinin nəticələri göstərir ki, In-CaSe sisteminin bütün ərintiləri ikifazalıdır. Yalnız CaSe əsasında kiçik sahədə bərk məhlul alınmışdır. Bu onu göstərir ki, In-CaSe sistemi kvazibinar olub, evtektik tiplidir.

Sistemin kvazibinarlığı diferensial-termiki, mikroquruluş və rentgenfaza analizləri vasitəsilə təsdiq edilmişdir.

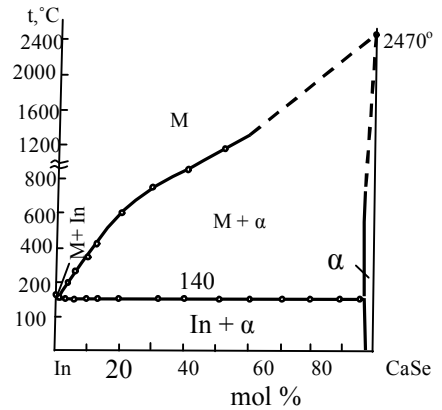


Şəkil.1. InSe-CaSe sisteminin faza diaqramı.

In-CaInSe₂ sisteminin ilkin komponentlərindən biri CaInSe₂ peritektik xarakterli olduğu üçün sistemin hal diaqramı qismən qeyri-kvazibinarlıdır. Aşağı temperaturda In-CaInSe₂ sistemi özünü Ca-In-Se üçlü sisteminin stabil diaqonalı kimi göstərir.

Mikroquruluş analizinin nəticələri göstərir ki, In- CaInSe₂ sisteminə 7 mol % CaInSe₂ tərkibində ikili evtektika əmələ gəlir. Sistemdə CaInSe₂ əsasında otaq temperaturunda 5 mol % In həll olur, In əsasında isə bərk məhlul sahəsi müəyyən edilməmişdir. Sistemdə evtektik tarazlıq və peritektik çevrilmə baş verir. 140°C-də baş verən peritektik çevrilmə 12 mol % CaInSe₂ tərkibində baş verir.

Se- CaIn₂Se₄ sistemi. Fiziki-kimyəvi analiz metodları vasitəsilə Se - CaIn₂Se₄ sisteminin faza diaqramı durulmuşdur. Sistemin hal diaqramı kvazibinar olub evtektik tiplidir. Evtektikanın tərkibi 5 mol % CaIn₂Se₄ –nə əriməsi isə 210°C-dir. Sistemdə 675°C temperaturda 20-60 mol % CaIn₂Se₄ qatılığı intervalında komponentlərin maye halında təbəqələşməsi baş verir, monotektik proses 20 mol % CaIn₂Se₄ tərkibdən başlayır. Müəyyən edilmişdir ki, otaq temperaturunda CaIn₂Se₄ birləşməsi əsasında



Şəkil.2. In-CaSe sisteminin faza diaqramı.

10 mol % Se həll olduğu halda , 650°C-də monotektika temperaturunda isə 30 mol % Se həll olur .

CaInSe₂ – CaIn₂Se₄ sistemi. kompleks Fiziki-kimyəvi analizin kompleks metodlarının nəticələrinə əsasən CaInSe₂ – CaIn₂Se₄ sisteminin faza diaqramı qurulmuşdur. Sistemin hal diaqramı qismən kvazibinar olub, evtektik tiplidir. Sistemdə otaq temperaturunda CaIn₂Se₄ əsasında 7 mol % həllolma müşahidə edilmişdir. CaInSe₂ birləşməsi əsasında isə bərk məhlul sahəsi praktiki olaraq müəyyən edilməmişdir. Sistemdə evtektik və peritektik çevrilmə baş verir. İkili evtektikanın tərkibi 25 mol % CaIn₂Se₄, temperaturu 600°C-dir, peritektik çevrilmə isə 15 mol % CaIn₂Se₄ –nə və 500°C-də baş verir.

InSe – CaIn₄Se₇ sistemi. Fiziki-kimyəvi analiz metodlarının nəticələrinə əsasən InSe- CaIn₄Se₇ sisteminin hal diaqramı qurulmuş və müəyyən edilmişdir ki, bu sistem də TlAsSe₂ - CaIn₂Se₄ sisteminə olduğu kimi qismən kvazibinar olub, evtektik və peritektik çevrilmə ilə xarakterizə olunur. Sistemdə InSe əsasında 5 mol % CaIn₄Se₇ həll olduğu halda CaIn₄Se₇ birləşməsi əsasında bərk məhlul sahəsi praktiki olaraq aşkar edilməmişdir. Sistemdə əmələ gələn ikili evtektikanın tərkibi 20 mol % CaIn₄Se₇ , əriməsi isə 630°C-dir. Peritektik çevrilmə 690 °C-də baş verir, tərkibi isə 65 mol % CaIn₄Se₇ –nə uyğundur.

Se-CaIn₄Se₇ sistemi. Tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, Se- CaIn₄Se₇ sisteminin hal diaqramı qismən kvazibinardır. Sistemdə ilkin komponentlər əsasında bərk məhlul sahələri aşkar edilməmişdir. CaIn₄Se₇ birləşməsi peritektik xarakterli olduğu üçün solidus xəttindən aşağıda ikifazalı ərintilər mövcuddur.

Ca-In-Se qatılıq üçbucağının trianqulyasiyası yan binar sistemlərin hal diaqramları ilə birlikdə şəkil 3-də verilmişdir. Ca-In-Se üçlü sistemi 5 kvazibinar kəsiklə : CaSe-InSe, In –CaSe, CaSe– In₂Se₃, Se –CaIn₂Se₄ və InSe- CaIn₂Se₄ , 6 tabeli üçbucaqlara Ca-CaSe-In, In-CaSe- InSe, CaSe-InSe- CaIn₂Se₄ , InSe- CaIn₂Se₄ - In₂Se₃, CaSe - CaIn₂Se₄ -Se və In₂Se₃-CaIn₂Se₄ -Se bölünürlər. Sistemdə peritektik çevrilmələrlə bağlı olaraq, CaSe-In-Se tabeli üçbucağında qarşılıqlı təsirin xarakteri tədqiq edilmişdir.

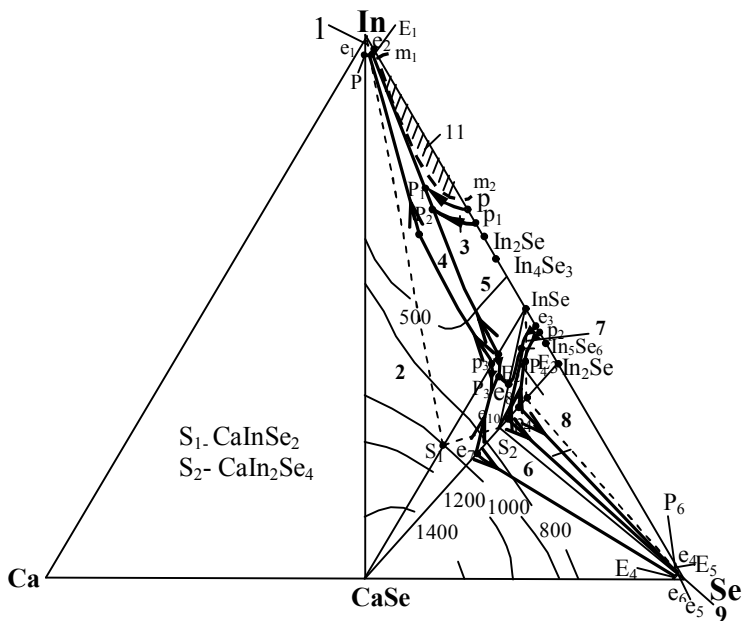
Tədqiq edilmiş kəsiklərdən alınmış təcrübi nəticələrə və ikili sistemlər haqqında ədəbiyyat məlumatlarına əsasən Ca-In-Se üçlü sisteminin likvidus səthinin proyeksiyası qurulmuşdur (şək.3). Sistemdə müxtəlif fazaların monovariant kristallaşma ayrılərinin hər 100°C-dən bir izotermələri çəkilmişdir.

Ca-In-Se üçlü sisteminin likvidusu 10 fazanın ilkin kristallaşma sahəsindən ibarətdir : In, CaSe, In₂Se, InSe, In₅Se₆, In₂Se₃, Se, CaIn₂Se₄, CaInSe₂ ,

Cədvəl 1

Ca-In-Se üçlü sistemində monovariant və nonvariant tarazlıqlar

№	Monovariant və nonvariant tarazlıqlar	Reaksiyalar	Temperatur, °C
1	e_1E_1	$M \leftrightarrow In + CaSe$	Cırılma
2	e_2E_1	$M \leftrightarrow In_2Se + In$	Cırılma
3	P_2E_1	$M \leftrightarrow CaSe + In_2Se$	Cırılma
4	P_1P_2	$M \leftrightarrow In_2Se + CaInSe_2$	350-310
5	$P_3p_3P_2$	$M \leftrightarrow CaSe + CaInSe_2$	360-560-310
6	$P_1e_9E_2$	$M \leftrightarrow InSe + CaInSe_2$	350-460-340
7	p_1P_1	$M \leftrightarrow In_2Se + InSe$	540-350
8	P_3E_2	$M \leftrightarrow CaIn_2Se_4 + CaInSe_2$	360-340
9	$E_2 e_8E_3$	$M \leftrightarrow InSe + CaIn_2Se_4$	340-600-480
10	e_3E_3	$M \leftrightarrow InSe + In_5Se_6$	620-480
11	p_2P_4	$M \leftrightarrow In_5Se_6 + In_2Se_3$	650-420
12	P_4P_5	$M \leftrightarrow In_5Se_6 + CaIn_4Se_7$	600-580
13	$P_5e_{10}E_5$	$M \leftrightarrow CaIn_2Se_4 + CaIn_4Se_7$	580-745-550
14	$P_4p_4P_6$	$M \leftrightarrow CaIn_2Se_4 + CaIn_4Se_7$	600-820-220
15	$P_3e_7E_4$	$M \leftrightarrow CaSe + CaIn_2Se_4$	360- 775 -200
16	e_4P_6	$M \leftrightarrow In_2Se_3 + Se$	cırılma
17	$E_5 e_6E_4$	$M \leftrightarrow CaIn_2Se_4 + Se$	cırılma
18	$P_6 E_5$	$M \leftrightarrow CaIn_4Se_7 + Se$	cırılma
19	E_1	$M \leftrightarrow In + CaSe + In_2Se$	Cırılş.(150)
20	E_2	$M \leftrightarrow InSe + CaInSe_2 + CaIn_2Se_4$	340
21	E_3	$M \leftrightarrow InSe + In_5Se_6 + CaIn_2Se_4$	480
22	E_4	$M \leftrightarrow CaSe + CaIn_2Se_4 + Se$	Cırılş.(220)
23	E_5	$M \leftrightarrow CaIn_2Se_4 + In_2Se_3 + Se$	Cırılş.(220)
24	P_1	$M + InSe \leftrightarrow In_2Se + CaInSe_2$	350
25	P_2	$M + In_2Se \leftrightarrow CaInSe_2 + CaSe$	310
26	P_3	$M + InSe \leftrightarrow CaInSe_2 + CaSe$	360
27	P_4	$M + In_2Se_3 \leftrightarrow In_5Se_6 + CaIn_4Se_7$	600
28	P_5	$M + In_5Se_6 \leftrightarrow CaIn_4Se_7 + CaIn_2Se_4$	580
29	P_6	$M + In_2Se_3 \leftrightarrow CaIn_4Se_7 + In_5Se_6$	200



Şəkl.3. Ca-In-Se üçlü sisteminin likvidus səthinin proyeksiyası.

1-In, 2- CaSe, 3- In_4Se_3 , 4- CaInSe_2 , 5- InSe , 6- CaIn_2Se_4 , 7- In_5Se_6 , 8- In_2Se_3 9- Se, 10- CaIn_4Se_7 və 11-ci sahə təbəqələşmə.

CaIn_4Se_7 və 1 təbəqələşmə. Diaqramda ən böyük kristallaşma sahəsini CaSe fazası təşkil edir (50 %), ən kiçik kristallaşma sahəsi isə In və Se-un payına düşür.

Ca-In-Se üçlü sistemində 11 nonvariant tarazlıq prosesi baş verir ki, bunlardan beşi (E_1 - E_5) evtektik, altısı isə peritektikdir (P_1 - P_6). Cədvəl 1-də Ca-In-Se üçlü sistemində ayrılarda və nonvariant nöqtələrdə baş verən tarazlıq reaksiyaları və onların temperatur şəraitləri verilmişdir.

Beləliklə, Ca-In-Se üçlü sistemi 6 tabeli üçlü sistemə bölünür. Hər bir tabeli sistemdə kimyəvi qarşılıqlı təsirin xarakteri ətraflı öyrənilmişdir.

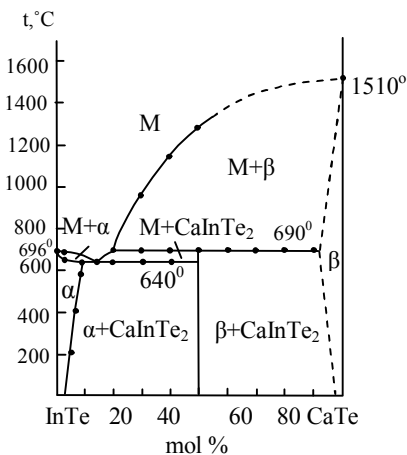
Dördüncü fəsil Ca-In-Te üçlü sistemində kimyəvi qarşılıqlı təsirin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Ca-In-Te üçlü sistemin tərkibində baş verən kimyəvi reaksiyaların təbiətini aydınlaşdırmaq məqsədilə aşağıdakı daxili kəsiklər tədqiq edilmişdir : InTe -CaTe, In-CaTe, Te- CaIn_2Te_4 , InTe- CaIn_2Te_4 , CaInTe_2 - CaIn_2Te_4 , In - CaInTe_2 .

InTe-CaTe sistemində kimyəvi qarşılıqlı təsir öz xarakterinə görə InSe-CaSe sisteminə yaxındır. Beləliklə, rentgenfaza analizi diferensial-

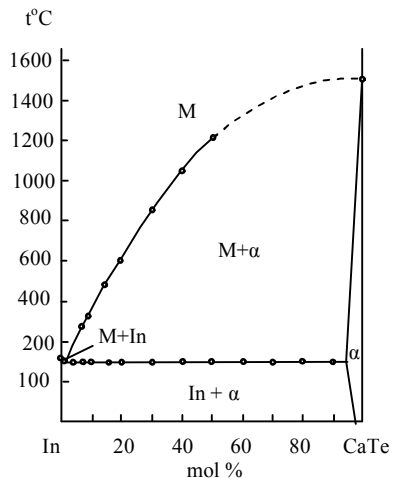
termiki və mikroquruluş analizinin nəticələrini bunu tamamilə təsdiq edir. Fiziki –kimyəvi analiz metodlarının nəticələrinə əsasən InTe-CaTe sisteminin hal diaqramı qurulmuşdur (şək.4) . Sistemin hal diaqramı kvazibinar olub, evtektik tiplidir. Sistemdə komponentlərin 1:1 nisbətində CaInTe_2 tərkibli 690°C -də inkonqruyent əriyən bir birləşmə alınmışdır. Rentgenoqrafik analiz metodu vasitəsilə müəyyən edilmişdir ki, CaInTe_2 birləşməsi rombik sinqoniyada kristallaşır və qəfəs parametrləri : $a = 9.83$; $b = 8.38$; $c = 11.48 \text{ \AA}$; $z=7$, $\rho_{\text{pik.}} = 4,95 \text{ q/sm}^3$, $\rho_{\text{rent.}} = 5,04 \text{ q/sm}^3$.

InTe-CaTe sisteminin likvidusu InTe əsasında alınmış α - bərk məhlulun , CaInTe_2 birləşməsinin və CaTe əsasında alınmış β - bərk məhlulun öz mayesi ilə tarazlıqda olan monovariant əyriləri ilə hüdudlanmışdır. Sistemdə InTe və CaTe arasında əmələ gələn ikili evtektikanın tərkibi 15 mol % CaTe , əriməsi isə 640°C -dir. Müəyyən edilmişdir ki, InTe-CaTe sistemində otaq temperaturunda InTe əsasında 3 mol % CaTe , CaTe əsasında isə ~ 2 mol % InTe həll olur.

In-CaTe sistemində kimyəvi qarşılıqlı təsirin xarakteri öyrənilmiş və onun hal diaqramı qurulmuşdur (şək.5).



Şək.4. InTe-CaTe sisteminin faza diaqramı.



Şək.5. In-CaTe sisteminin faza diaqramı.

Müəyyən edilmişdir ki, sistemin hal diaqramı kvazibinar olub, sadə cırlaşmış evtektik tiplidir. Sistemdə CaTe əsasında 3,5 mol % In həll olduğu halda, In əsasında bərk məhlul sahəsi müəyyən edilməmişdir.

Sistemin likvidusu Se və CaTe əsasında alınmış α - bərk məhlulun monovariant əyriləri ilə hədudlanmışdır.

Te- CaIn_2Te_4 sisteminin hal diaqramı qurulmuş və onun kvazibinar olduğu müəyyən edilmişdir. Sistemin hal diaqramı sadə evtektik tiplidir. Sistemdə əmələ gələn evtektikanın tərkibi 20 mol % CaIn_2Te_4 , əriməsi isə 400°C -dir. Sistemdə CaIn_2Te_4 birləşməsi əsasında otaq temperaturunda 5 mol % Te həll olduğu halda, Te əsasında isə bərk məhlul sahəsi aşkar edilməmişdir. Sistemin likvidusu Te və CaIn_2Te_4 birləşməsi əsasında alınmış α –bərk məhlulun maye ilə tarazlıqda olan monovariant tarazlıq əyriləri ilə hədudlanmışdır. CaIn_2Te_4 birləşməsi 850°C temperaturda konqruent əriyir və tetraqonal sinqoniyada kristallaşır, qəfəs parametrləri: $a = 8,42$, $c = 7,14$ Å- dir, fəza qrupu 14/mcm , piknometrik sıxlığı $\rho = 5.12$ q/sm³-dur, rentgenoqrafik sıxlığı $\rho = 5.20$ q/sm³-dur.

InTe - CaIn_2Te_4 sisteminin hal diaqramı qurulmuş və müəyyən edilmişdir ki, sistem kvazibinar olub, sadə evtektik tiplidir. Sistemdə ilkin komponentlər əsasında məhdud sahədə həllolma aşkar edilmişdir. Sistemdə InTe əsasında otaq temperaturunda 5 mol % CaIn_2Te_4 həll olur, CaIn_2Te_4 əsasında isə həllolma 10 mol InTe % təşkil edir. Sistemdə əmələ gələn ikili evtektikanın tərkibi 45 mol % CaIn_2Te_4 və əriməsi isə 440°C -dir.

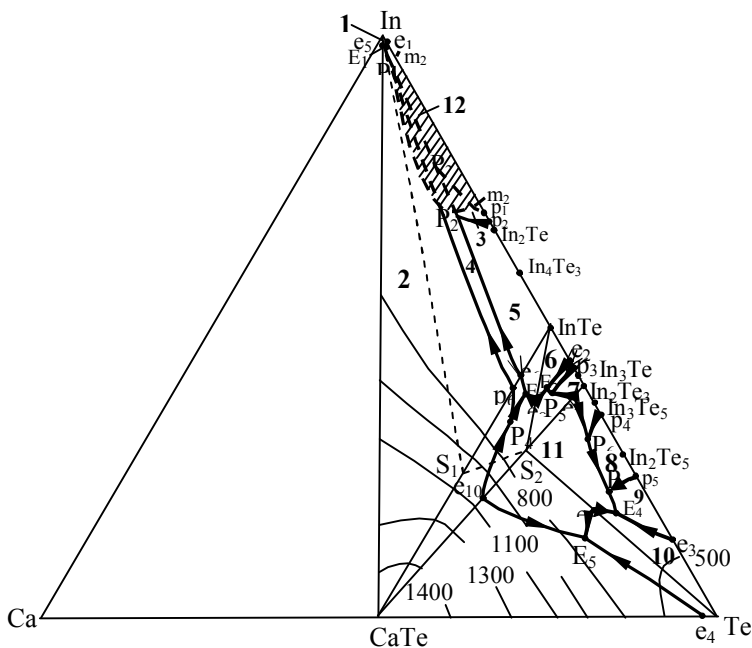
CaInTe_2 - CaIn_2Te_4 sisteminin kimyəvi qarşılıqlı təsir öyrənilmiş və onun faza diaqramı qurulmuşdur. Sistemin hal diaqramı qismən kvazibinar olub, evtektik və peritekti çevrilmələrlə müşayiət olunur. CaIn_2Te_4 birləşməsi əsasında əmələ gələn β - bərk məhlulun sahəsi 7 mol % CaInTe_2 təşkil edir. Sistemdə əmələ gələn ikili evtektikanın tərkibi 20 mol CaInTe_2 , temperaturu isə 630°C - dir. Maye və CaTe –un birgə təsiri nəticəsində , solidus xəttindən CaInTe_2 aşağıda CaInTe_2 birləşməsinin kristalları ayrılır.

In- CaInTe_2 sistemi fiziki-kimyəvi analizin kompleks metodları vasitəsilə tədqiq edilmiş və onun hal diaqramı qurulmuşdur. Sistemin hal diaqramı qismən kvazibinar olub, evtektik və peritektik çevrilmə ilə müşahidə edilir. In və CaTe birləşmələrinin birgə kristallaşması ~5 mol % CaInTe_2 tərkibinə uyğun gəlir. Peritektik çevrilmə 140°C -də baş verir. Sistemdə ilkin komponentlər əsasında bərk məhlul sahələri praktik olaraq aşkar edilməmişdir.

Ca-In-Te üçlü sisteminin likvidus səthinin proyeksiyasını qurmaq üçün aşağıdakı kvazibinar və qeyri-kvazibinar kəsiklər: InTe- CaTe, In- CaTe, Te- CaIn_2Te_4 , InTe- CaIn_2Te_4 , CaInTe_2 - CaIn_2Te_4 , In - CaInTe_2 fiziki-kimyəvi analiz metodları vasitəsilə tədqiq edilmişdir. Ca-In-Te üçlü sisteminin trianqulyasiyası yan binar sistemlərin hal diaqramları ilə birlikdə

şəkil 8-də verilmişdir. Ca-In-Te üçlü sistemi 4 kvazibinar CaTe-InTe, In-CaTe, CaTe-In₂Te₃, Se -CaIn₂Te₄ və iki qismən qeyri-kvazibinar kəsiklərlə xarakterizə olunur.

Sistemdə nonvariant nöqtələrin koordinatlarını dəqiqləşdirmək üçün əlavə olaraq, bir sıra ərintilər sintez edilmiş və fiziki-kimyəvi analiz metodları vasitəsilə uyğun kəsiklərin monovariant və nonvariant tarazlıqları aşkar edilmiş və likvidus səthinin proyeksiyası qurulmuşdur (şək.6).



Şək.6. Ca-In-Te üçlü sisteminin likvidus səthinin proyeksiyası.

1-In, 2- CaTe, 3- In₄Te₃, 4-CaInTe₂, 5- InTe, 6 – In₃Te₄, 7- In₂Te₃, 8- In₃Te₅, 9-In₂Te₅, 10- Te, 11- CaIn₂Te₄ və 12- təbəqələşmə.

Sistemdə müxtəlif fazaların monovariant kristallaşma əyrilərinin interpretasiyası ilə hər 100°C-dən bir izotermilər çəkilmişdir.

Ca-In-Te üçlü sistemin likvidusu 11 fazanın ilkin kristallaşma sahəsindən ibarətdir : 1-In, 2- CaTe, 3- In₄Te₃, 4-CaInTe₂, 5- InTe, 6 – In₃Te₄, 7- In₂Te₃, 8-In₃Te₅, 9-In₂Te₅, 10- Te, 11- CaIn₂Te₄ və 12- təbəqələşmə sahəsi.

Cədvəl 2

Ca-In-Te üçlü sistemində monovariant və nonvariant tarazlıqlar

№	Monovariant və nonvariant tarazlıqlar	Reaksiyalar	Temperatur, °C
1	e_1E_1	$M \leftrightarrow In + In_2Te$	Cırılma
2	e_5E_1	$M \leftrightarrow In + CaTe$	Cırılma
3	P_1E_1	$M \leftrightarrow In_2Te + CaTe$	295-156
4	p_1P_1	$M \leftrightarrow In_2Te + In_4Te_3$	450-295
5	p_2P_2	$M \leftrightarrow In_4Te_3 + InTe$	462-325
6	$P_2 P_3$	$M \leftrightarrow In_4Te_3 + CaInTe_2$	325-310
7	$P_3 P_1$	$M \leftrightarrow In_4Te_3 + CaTe$	310-295
8	$P_2e_6E_2$	$M \leftrightarrow InTe + CaInTe_2$	310-690-450
9	$P_3p_6 P_4$	$M \leftrightarrow CaInTe_2 + CaTe$	325-690-480
10	$P_4e_{10}E_5$	$M \leftrightarrow CaInTe_2 + CaTe$	480-1000-230
11	$E_2e_8E_3$	$M \leftrightarrow InTe + CaIn_2Te_4$	450-440-390
12	e_2E_3	$M \leftrightarrow In_4Te_3 + In_3Te_4$	649-390
13	p_3P_5	$M \leftrightarrow In_3Te_4 + In_2Te_3$	655-540
14	$P_6e_9E_3$	$M \leftrightarrow In_2Te_3 + CaIn_2Te_4$	460-900-390
15	P_5E_3	$M \leftrightarrow In_3Te_4 + CaIn_2Te_4$	540-390
16	P_4P_6	$M \leftrightarrow In_2Te_3 + In_3Te_5$	625-460
17	$P_6 P_7$	$M \leftrightarrow In_2Te_3 + CaIn_2Te_4$	460-385
18	$p_5 P_7$	$M \leftrightarrow In_2Te_5 + In_3Te_5$	667-385
19	P_7E_4	$M \leftrightarrow In_2Te_5 + CaIn_2Te_4$	385-310
20	$e_3 E_4$	$M \leftrightarrow In_2Te_5 + Te$	427-310
21	$E_5 e_7E_4$	$M \leftrightarrow Ca In_2Te_5 + Te$	375-400-310
22	$e_4 E_5$	$M \leftrightarrow Te + CaTe$	450-375
23	E_1	$M \leftrightarrow In + CaTe + In_2Te$	Cırılma
24	E_2	$M \leftrightarrow Ca InTe_2 + InTe + CaIn_2Te_4$	450
25	E_3	$M \leftrightarrow InTe + CaIn_2Te_4 + In_3Te_4$	390
26	E_4	$M \leftrightarrow Ca In_2Te_4 + In_2Te_5 + Te$	310
27	E_5	$M \leftrightarrow CaTe + CaIn_2Te_4 + Te$	375
28	P_1	$M + In_4Te_3 \leftrightarrow In_2Te + CaTe$	295
29	P_2	$M + InTe \leftrightarrow In_4Te_3 + CaInTe_2$	325
30	P_3	$M + In_4Te_3 \leftrightarrow CaInTe_2 + CaTe$	310
31	P_4	$M + CaTe \leftrightarrow CaInTe_2 + CaIn_2Te_4$	480
32	P_5	$M + In_2Te_3 \leftrightarrow In_3Te_4 + InTe$	540
33	P_6	$M + In_2Te_3 \leftrightarrow In_3Te_5 + CaIn_2Te_4$	460
34	P_7	$M + In_3Te_5 \leftrightarrow In_2Te_5 + CaIn_2Te_4$	385

Cədvəl 2.-də Ca-In-Te üçlü sistemində baş verən monovariant və nonvariant tarazlıq reaksiyaları verilmişdir. Likvidus səthinin proyeksiyasında ən böyük kristallaşma sahəsi CaTe və CaIn_2Te_4 fazalarının payına düşür. Ca-In-Te üçlü sistemində 12 nonvariant tarazlıq prosesi baş verir ki, bunlardan beşi (E_1 - E_5) üçlü evtektik , yeddisi isə üçlü peritektikdir (P_1 - P_7) .

Beşinci fəsildə Ca-In-Se(Te) üçlü sistemlərində alınmış bərk məhlulların və birləşmələrin elektrik və fotoelektrik xassələrinin tədqiqi verilmişdir.

Kalsiumun selenidli və telluridli birləşmələri yüksək müqavimətli yarımkeçirici materiallardır. Onların müqaviməti 10^7 - 10^{11} Om tərtibində dəyişir. Onlar eyni zamanda fotohəssas materiallar olmaqla yanaşı, bir sıra maddələrə aktivator kimi də daxil edirlər. Bu nöqteyi-nəzərdən Ca-In-Se(Te) üçlü sistemlərində alınan yeni fazaların və bərk məhlulların optiki və elektrofiziki xassələrinin öyrənilməsi elmi və praktiki cəhətdən çox maraqlıdır.

(InSe)_{1-x}(CaSe)_x bərk məhlulunun elektrofiziki xassələrini öyrənmək məqsədilə $x=0,01$; $0,02$; $0,04$; tərkibli nümunələr sintez edilmişdir. InSe-ə 1 mol % CaSe əlavə etdikdə elektrik keçiriciliyi otaq temperaturundan 80°C -ə kimi uyğun olaraq aşağıdakı qiymətləri alır: $\sigma = 5,33 \cdot 10^{-6} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$, $\sigma = 6,24 \cdot 10^{-5} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$.

Elektrik keçiriciliyi 20 - 50°C temperatur intervalında nisbətən zəif artır və bu intervalda keçiricilik aşqar keçiriciliyə uyğun gəlir. Temperaturun nisbətən yuxarı qiymətində (50 - 80°C) isə keçiricilik nəzərə çarpacaq qədər artır və bu keçiricilik məxsusi keçiriciliyə uyğun gəlir.

Bu intervalda temperaturdan asılı olaraq termoelektrik hərəkət qüvvəsinin qiyməti azalır , tərkibdən asılı olaraq isə artır.

Həmin tərkibli ərintilər üçün cərəyan şiddətinin və xüsusi müqavimətin temperatur asılılığı da öyrənilmişdir (cədv. 3).

(InSe)_{1-x}(CaTe)_x ($x=0,01$; $0,02$; $0,04$) tərkibli ərintilərin elektrofiziki xassələrini öyrənmək üçün onlar ampula metodu ilə sintez edilmişdir. Daha sonra **(InSe)_{1-x}(CaTe)_x ($x=0,01$; $0,02$; $0,04$)** tərkibli nümunələrin elektrik keçiriciliyinin (σ), termoelektrik hərəkət qüvvəsinin (α), cərəyan şiddətinin (I) və xüsusi müqavimətinin temperatur asılılığı öyrənilmişdir.

1, 2 və 4 mol % CaTe tərkibli nümunələrinin elektrik keçiriciliyinin qiymətləri uyğun olaraq $\sigma = 10,04 \cdot 10^{-6} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$, $\sigma = 6,85 \cdot 10^{-6} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ və $\sigma = 6,05 \cdot 10^{-6} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ -dir.

Otaq temperaturunda 1, 2 və 4 mol % CaTe tərkibli nümunələrin termo-e.h.q.-nin qiyməti tərkibdən asılı olaraq $\alpha = 550$ mkV/dər-dən 610 mkV/dər qədər artır.

Qeyd edilən tərkibli nümunələrin xüsusi müqavimətləri də temperaturdan asılı olaraq artır. Tərkibdən asılı olaraq isə azalır.

Beləliklə, $(\text{InSe})_{1-x}(\text{CaTe})_x$ bərk məhlulunun elektrofiziki xassələrinin ölçmələrinin nəticələri onların yarımkeçirici xassəli olduğunu sübut edir.

$(\text{InTe})_{1-x}(\text{CaTe})_x$ ($x = 0,01; 0,02; 0,04$) bərk məhlulunun ərintilərinin elektrik keçiriciliyinin temperatur asılılığını öyrənmək üçün 1 ; 2 və 4 mol % CaTe tərkibli nümunələr sintez edilmiş və 400°C -də 200 saat müddətində termiki emal edilmişdir. Tədqiq olunan ərintilər üçün məxsusi keçiricilik sahəsində $\lg \sim f(10^3 / T)$ asılılıq əyrisinə çəkilən toxunanın absis oxu ilə əmələ gətirdiyi $\text{tg} \alpha$ bucağının qiymətinə əsasən qadağan olunmuş zolağın enerjisi hesablanmışdır. Bu zaman qadağan olunmuş zolağının eninin tərkibdən asılı olaraq artması Fermi səviyyəsinin yaxınlığında yerləşən alçaq səviyyələrdə yükdaşıyıcıların yerdəyişməsi ilə əlaqədardır.

Cədvəl 3-də $(\text{InSe})_{1-x}(\text{CaSe})_x$, $(\text{InSe})_{1-x}(\text{CaTe})_x$ və $(\text{InTe})_{1-x}(\text{CaTe})_x$ sistemlərinin ərintilərinin bir sıra fiziki parametrləri müqayisə üçün verilmişdir. Cədvəldən 3-dən göründüyü kimi bu ərintilərin $\text{Se} \rightarrow \text{Te}$ keçidində xüsusi müqavimətin azalması və ona uyğun olaraq elektrik keçiriciliyinin artması müşahidə edilir.

CaInSe_2 , CaIn_2Se_4 , CaInTe_2 və CaIn_2Te_4 birləşmələrinin elektrofiziki xassələrini tədqiq etmək məqsədilə onlar sintez edilmişdir. Onların sintezi zamanı binar birləşmələrdən $\text{CaSe}(\text{Te})$ və $\text{InSe}(\text{Te})$ istifadə edilmişdir. Bu birləşmələrin yarımkeçirici materiallar kimi elektron sənayesinin müxtəlif sahələrində istifadə imkanlarını müəyyən etmək üçün onların elektrik keçiriciliyinin (σ), termo-e.h.q.-nin (α), cərəyan şiddətinin (I) və xüsusi müqavimətinin (ρ) 20-100°C intervalında temperatur asılılığı öyrənilmişdir. Temperatur asılılığı $\lg \sigma \sim f(10^3 / T)$ əyrisinə çəkilən toxunanın absis oxundan ayırdığı tangens bucağının qiymətinə əsasən qadağan olunmuş zolağın enerjisi hesablanmışdır ($\Delta E = 1,3$ eV). Tədqiq olunan birləşmənin p-tip yarımkeçirici olduğu müəyyən edilmişdir. CaInSe_2 birləşməsinin elektrik keçiriciliyinin otaq temperaturunda qiyməti $\sigma = 2,67 \cdot 10^{-7} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$, 90°C-də isə onun qiyməti $\sigma = 1,69 \cdot 10^{-5} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ -dir. Bu birləşmənin termo-e.h.q.-si 20-30°C temperatur intervalında 600 mkV/dər-dən 625 mkV/dər-yə qədər artır, sora isə 85°C-də azalır və 325 mkV/dər olur.

Cədvəl 3.

$(\text{InSe})_{1-x}-(\text{CaSe,CaTe})_x$ və $(\text{InTe})_{1-x}-(\text{CaTe})_x$ ($x=0,01; 0,02; 0,04$) bərk məhlul ərintilərinin otaq temperaturunda bəzi fiziki-kimyəvi xassələri

Əritilərin tərkibi, mol %	Elektrik keçiriciliyi, σ , $\text{Om}^{-1}\cdot\text{sm}^{-1}$	Termo-e.h.q-si salı, α ,	Müqavimət, R , Om	Xüsusi müqavimət ρ , $\text{Om}\cdot\text{sm}$	Cərəyan şiddəti, I , A	Keçiriciliyin tipi
99%InSe- 1% CaSe	$5,33 \cdot 10^{-6}$	400	$3,9 \cdot 10^5$	$18,7 \cdot 10^4$	$12,8 \cdot 10^{-6}$	n
98%InSe- 2% CaSe	$4 \cdot 10^{-6}$	430	$6,3 \cdot 10^5$	$25 \cdot 10^4$	$8,0 \cdot 10^{-6}$	n
96%InSe- 4% CaSe	$2 \cdot 10^{-6}$	450	$8,4 \cdot 10^5$	$28 \cdot 10^4$	$6,5 \cdot 10^{-6}$	n
99%InSe- 1% CaTe	$10,04 \cdot 10^{-6}$	550	$2,0 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^4$	$3,98 \cdot 10^{-5}$	n
98%InSe- 2% CaTe	$6,85 \cdot 10^{-6}$	570	$2,5 \cdot 10^5$	$10 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^{-5}$	n
96%InSe- 4% CaTe	$6,05 \cdot 10^{-6}$	610	$3,3 \cdot 10^5$	$13 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	n
99%InTe- 1% CaTe	$1,30 \cdot 10^{-2}$	82	$1,9 \cdot 10^2$	77	$2,6 \cdot 10^{-2}$	p
98%InTe- 2% CaTe	$1,15 \cdot 10^{-2}$	86	$2,2 \cdot 10^2$	87	$2,3 \cdot 10^{-2}$	p
96%InTe- 4% CaTe	$7,39 \cdot 10^{-3}$	93	$3,4 \cdot 10^2$	95	$1,5 \cdot 10^{-2}$	p

CaInTe₂ birləşməsinin elektrik keçiriciliyinin (σ), termo-e.h.q-sinin (α), cərəyan şiddətinin (I) və xüsusi müqavimətinin (ρ) temperatur asılılığı 20-100°C temperatur intervalında öyrənilmişdir.

Müəyyən edilmişdir ki, CaInTe₂ birləşməsinin elektrik keçiriciliyi temperaturdan asılı olaraq artır. 20-60°C temperatur intervalında aşqar keçiricilik baş verir, temperaturun sonrakı artımı zamanı məxsusi keçiricilik əmələ gəlir.

CaInTe₂ birləşməsi CaInSe₂ birləşməsinə nisbətən aşağı müqavimətə malikdir, ona görə də CaInTe₂-dən keçən cərəyan şiddətinin temperaturdan asılı olaraq artması yüksək olur.

CaInTe_2 birləşməsinin xüsusi müqaviməti CaInSe_2 birləşməsinin xüsusi müqavimətindən xeyli azdır. Bunun səbəbi $\text{Se} \rightarrow \text{Te}$ sırasında metallik rabitənin payının artması ilə əlaqədardır. CaInSe_2 və CaInTe_2 birləşmələrinin xüsusi müqaviməti uyğun olaraq aşağıdakı kimidir $\rho = 75 \cdot 10^8 \text{ Om}\cdot\text{sm}$ və $\rho = 3 \cdot 10^7 \text{ Om}\cdot\text{sm}$ -dir.

CaIn_2Se_4 birləşməsinin elektrik keçiriciliyinin (σ) temperatur asılılığı qrafiki yarımkeçirici xarakterə malikdir. Nümunədə 75°C temperaturda aşqar keçiricilik üstünlük təşkil edir və temperaturun sonrakı artımı məxsusi keçiriciliyə səbəb olur.

CaIn_2Se_4 birləşməsinin xüsusi müqaviməti xeyli yüksəkdir. Temperaturdan asılı olaraq, xüsusi müqavimət azalır. Onun xüsusi müqavimətinin qiyməti otaq temperaturunda və 90°C -də uyğun olaraq aşağıdakı kimidir: $\rho = 4,7 \cdot 10^7 \text{ Om}\cdot\text{sm}$ və $\rho = 4,9 \cdot 10^6 \text{ Om}\cdot\text{sm}$ -dir. CaIn_2Se_4 birləşməsinin xüsusi müqaviməti CaIn_2Te_4 birləşməsinə nisbətən xeyli çoxdur. Otaq temperaturunda CaIn_2Se_4 xüsusi müqaviməti $\rho = 4,7 \cdot 10^7 \text{ Om}\cdot\text{sm}$ CaIn_2Te_4 -ün isə $\rho = 3,13 \cdot 10^5 \text{ Om}\cdot\text{sm}$ iki tərtibindədir.

Gözləmək olardı ki, CaIn_2Se_4 və CaIn_2Te_4 birləşmələrində $\text{Se} \rightarrow \text{Te}$ sırasında metallik rabitənin payının artması ilə əlaqədar olaraq, keçiriciliyin artması və xüsusi müqavimətin isə azalması baş verməlidir. CaIn_2Te_4 birləşməsinin elektrik keçiriciliyi (σ), temperaturun artması ilə qanunauyğun surətdə artır. Nümunədə aşqar keçiricilik $20\text{--}70^\circ\text{C}$ temperatur intervalında baş verir. Temperaturun sonrakı artımında aşqar keçiricilik məxsusi keçiriciliyə keçir.

CaIn_2Te_4 birləşməsinin termo-e.h.q-nin qiyməti (α) temperaturdan asılı olaraq azalır. Termo-e.h.q-nin qiyməti 650 mkV/dər -dan 360 mkV/dər qədər azalır.

Yarımkeçiricilər üçün xas olan əlamətlərdən biri də onların xüsusi müqavimətinin temperaturdan asılı olaraq azalmasıdır. CaIn_2Te_4 birləşməsi üçün xüsusi müqaviməti temperaturdan asılı olaraq nəzərə çarpacaq dərəcədə azalır.

CaInSe_2 , CaIn_2Se_4 , CaInTe_2 və CaIn_2Te_4 birləşmələrinin elektrik keçiriciliyinin (σ), termo-e.h.q-nin (α), cərəyan şiddətinin ($\dot{I}$) və xüsusi müqavimətinin (ρ) otaq temperaturunda ölçmələrinin nəticələri onların yarımkeçirici xarakterli olduğunu göstərir.

$(\text{CaIn}_2\text{Se}_4)_{1-x}(\text{CaSe})_x$ ($x = 0,02; 0,025; 0,03$) bərk məhlulunun otaq temperaturunda fotoelektrik xassələri öyrənilmişdir.

Üçlü birləşmələrin və bərk məhlulların elektrofiziki xassələrinin öyrənilməsinin əsas mərhələlərindən biri onların praktiki tətbiq sahələrini müəyyən etməkdir.

Optika və fotoelektronika üçün yararlı materialların əldə edilməsi üçün onların fotoelektrik keçiriciliyinin geniş spektr sahəsində öyrənilməsi vacibdir. Hazırkı işdə CaIn_2Se_4 birləşməsinin fotoelektrik və optiki xassələri verilmişdir.

$(\text{CaIn}_2\text{Se}_4)_{1-x}(\text{CaSe})_x$ ($x = 0,02; 0,025; 0,03$) bərk məhlulunun fotokeçiriciliyinin öyrənilməsi üçün ərintilər sintez olunmuş və 500°C temperaturunda 200 saat müddətində termiki emal edilmişdir.

CaIn_2Se_4 birləşməsinin fotokeçiriciliyinə CaSe birləşməsinin təsirinin öyrənilməsi məqsədi ilə birləşməyə 1; 2,5 və 3 mol % CaSe aşqarı vurulmuşdur. Tədqiqat nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, nümunələr spektrin görünmə sahəsində fəthəssasdırlar və geniş zona quruluşuna malik yarımkeçiricidirlər və qadağan olunmuş zolağın enerjisi 1,7-2,1 eV arasında dəyişir.

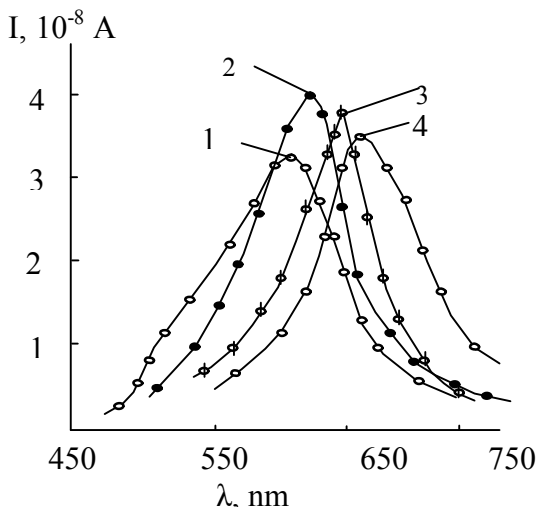
CaIn_2Se_4 birləşməsinin maksimal fotokeçiriciliyi 600 nm dalğa uzunluğuna müvafiqdir (şə.7). CaIn_2Se_4 birləşməsinin və onun əsasında hazırlanmış nümunələrin işçi gərginliyi 100 V, işıq selinin qiyməti $5,6 \cdot 10^{-3}$ lm götürülmüşdür. Bu zaman CaIn_2Se_4 birləşməsinin spektral həssaslığı 400-800 nm intervalında olmuşdur. 616 nm dalğa uzunluğunda maksimal fotocərəyanın qiyməti $90 \cdot 10^{-10}$ A olmuşdur.

CaIn_2Se_4 birləşməsinə 2 ; 2,5 və 3 mol % CaSe aşqarı daxil etdikdə birləşmənin fotokeçiriciliyi xeyli artmışdır və uzun dalğa istiqamətində yerini dəyişmişdir (şə.7). 2 mol % CaSe tərkibli nümunənin $\lambda = 630$ nm dalğa uzunluğunda fotocərəyanın maksimal qiyməti $4 \cdot 10^{-8}$ A olmuşdur. CaIn_2Se_4 birləşməsinə əlavə edilən CaSe birləşməsinin miqdarı 2 mol % -dən çox olduqda fotokeçiricilik bir qədər azalmışdır.

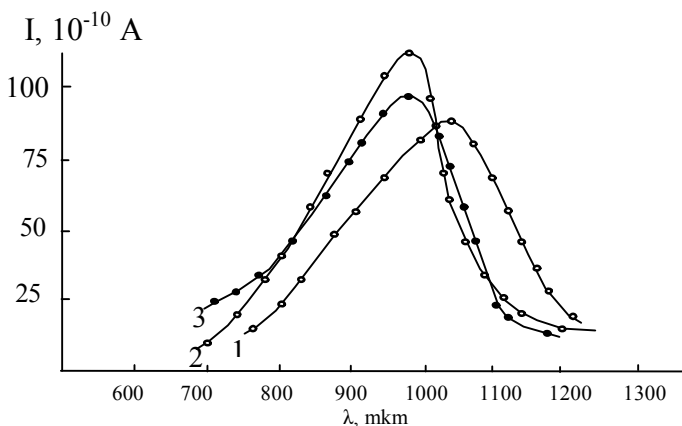
2,5 və 3 mol % CaSe tərkibli nümunələrin uyğun olaraq 630 və 650 nm dalğa uzunluğunda maksimal fotocərəyanın qiyməti $3,5 \cdot 10^{-8}$ A və $3,9 \cdot 10^{-8}$ A olmuşdur. Tədqiqatlar nəticəsində belə nəticəyə gəlmək olur ki, bu nümunələr kifayət qədər yüksək fəthəssas materiallar olub, kiçik gərginliklərdə işləyə bilən fəthərezistor kimi, ölçü cihazlarında, optoelektronikada istifadə oluna bilərlər.

$(\text{CaIn}_2\text{Te}_4)_{1-x}(\text{CaTe})_x$ bərk məhlulunun sintez şəraiti $(\text{CaIn}_2\text{Se}_4)_{1-x}(\text{CaSe})_x$ nümunələrinin sintez şəraitinə uyğun aparılmışdır. Optiki və fotoelektrik xassələrinin öyrənilməsi üçün CaIn_2Te_4 birləşməsinə 1; 2 və 3 mol % CaTe əlavə edilmişdir. $(\text{CaIn}_2\text{Te}_4)_{1-x}(\text{CaTe})_x$ bərk məhlulunun fotoelektrik cərəyanının işığın dalğa uzunluğundan asılılığının öyrənilməsi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, bu nümunələr də mürəkkəb zona quruluşuna malikdirlər.

Tədqiq olunan 1 , 2 və 3 mol % CaTe tərkibli nümunələrin qaranlıqda xüsusi müqavimətləri uyğun olaraq $\rho = 4 \cdot 10^8$, $\rho = 4,5 \cdot 10^8$ və $\rho = 8 \cdot 10^8$ Om·sm olmuşdur .



Şəkl. 7. $(\text{CaIn}_2\text{Se}_4)_{1-x}(\text{CaSe})_x$ bərk məhlulunun otaq temperaturunda fotokeçiriciliyinin spektral asılılığı .1- CaIn_2Se_4 ; 2-2 mol %, 3- 2,5 mol %, 4-3 mol % CaSe .



Şəkl.8. $(\text{CaIn}_2\text{Te}_4)_{1-x}(\text{CaTe})_x$ $x=0,01$; $0,02$, $0,03$ bərk məhlulunun fotokeçiriciliyinin spektral asılılığı. 1- 1 ; 2-2 , 3-3 mol % CaTe.

Lüks –amper xarakteristikasının tədqiqi göstərir ki, 2 mol % CaTe tərkibli nümunə daha çox fotohəssasdır. Həmin nümunələr üçün işıq gərginlik 120 V, nisbi müqaviməti $R_{\text{ışıq}}/R_{\text{qar}}=100$, işıqlanma isə 200 lks olmuşdur. Alınan təcrübə nəticələrinə əsaslanaraq, demək olar ki, bu nümunələr fotorezistorların hazırlanmasında istifadə oluna bilərlər. Şəkil 8-də 1, 2 və 3 mol % CaTe tərkibli nümunələr üçün fotocərəyanın spektral asılılığı verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi CaTe –un miqdarı artdıqca fotocərəyan əvvəlcə artır, sonra isə azalır. Aşqar keçiricilik zamanı fotokeçiricilik əvvəlcə artır, sonra isə məxsusi keçiriciliyin meydana gəlməsi nəticəsində fotocərəyan azalır. CaIn_2Te_4 birləşməsinin tərkibinə daxil edilən CaTe –un miqdarından asılı olaraq maksimal fotocərəyan kiçik dalğa istiqamətində yerini dəyişir. 1 mol % CaTe olan nümunə üçün maksimal fotocərəyan 1050 mkm dalğa uzunluğuna təsadüf edir. 2 və 3 mol % CaTe tərkibli ərintilərin maksimal fotocərəyanı uyğun olaraq 990 və 980 mkm dalğa uzunluğunda baş verir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Fiziki-kimyəvi analizin kompleks metodları (DTA, MQA, RFA və mikrobərkliyin və sıxlığın təyini) vasitəsilə Ca-In-Se və Ca-In-Te üçlü sistemlərinin daxili kəsiklərində: CaSe-InSe, In –CaSe, In –CaInSe₂, Se- CaIn₂Se₄, CaIn₂Se₄ -CaIn₄Se₇, InSe -CaIn₄Se₇, InSe –CaIn₂Se₄, Se- CaIn₄Se₇, InTe -CaTe, In-CaTe, Te-CaIn₂Te₄, InTe-CaIn₂Te₄, CaInTe₂ - CaIn₂Te₄ və In - CaInTe₂. kimyəvi qarşılıqlı təsirin xarakteri, faza əmələgəlmə tədqiq edilmiş və onların faza diaqramları qurulmuşdur.
2. Ca-In-Se üçlü sisteminin 8 daxili kəsiklərinin tədqiqi zamanı müəyyən edilmişdir ki, InSe,-CaSe, In –CaSe, Se – CaIn₂Se₄, InSe –CaIn₂Se₄ kəsikləri kvazibinar, qalan dörd kəsik InSe -CaIn₄Se₇, CaIn₂Se₄ - CaIn₄Se₇, Se- CaIn₄Se₇ In –CaInSe₂ isə qismən kvazibinardır.

Ca-In-Te üçlü sistemində tədqiq edilən daxili kəsiklərinin InTe -CaTe, In-CaTe, Te-CaIn₂Te₄, InTe- CaIn₂Te₄ dördü kvazibinar, CaInTe₂ - CaIn₂Te₄ və In - CaInTe₂ kəsikləri isə qismən kvazibinardır. CaInTe₂ - CaIn₂Te₄ və In - CaInTe₂ kəsikləri aşağı temperaturda stabil olsalar da yuxarı temperaturda qeyri- stabildir.

3. Tədqiqatlar zamanı aşkar edilmişdir ki, CaSe-InSe sistemində komponentlərin 1:1 nisbətində CaInSe_2 tərkibli bir kimyəvi birləşmə əmələ gəlir. Həmin birləşmə 560°C -də peritektik reaksiya vasitəsilə alınmışdır. CaInSe_2 birləşməsinin 520°C -də α –faza keçidi müəyyən edilmişdir. Ca-In-Te üçlü sisteminin InTe-CaTe daxili kəsiyində də selenidli sistemdə olduğu kimi CaInTe_2 tərkibli bir peritektik birləşmə alınmış və onun mövcudluğu fiziki-kimyəvi analiz metodları vasitəsilə təsdiq edilmişdir.
4. Rentgenoqrafik analiz metodunun nəticələrinə əsasən bu sistemlərdə alınmış birləşmələrin kristal tipləri müəyyən edilmiş və onların qəfəs parametrləri hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, CaInSe_2 birləşməsi rombik qəfəs tipində kristallaşır və qəfəs parametrləri : $a = 8,67$; $b = 8,19$; $c = 10,26 \text{ \AA}$; $z = 7$; $\rho_{\text{pirn.}} = 4,72 \text{ q/sm}^3$, $\rho_{\text{rent.}} = 4,99 \text{ q/sm}^3$ –dır. CaInTe_2 tərkibli birləşmə də rombik sinqoniyada kristallaşır və qəfəs parametrləri: $a = 9,83$; $b = 8,38$; $c = 11,48 \text{ \AA}$, $Z=7$, $\rho_{\text{pik.}} = 4,95 \text{ q/sm}^3$, $\rho_{\text{rent.}} = 5,04 \text{ q/sm}^3$ –dır.
5. Fiziki –kimyəvi analiz metodları vasitəsilə Ca-In-Se üçlü sisteminin daxili kəsikləri tədqiq edilmişdir və üçlü sistemin likvidus səthinin proyeksiyası qurulmuşdur. Üçlü sistemdə 29 tarazlıq reaksiyaları müəyyən edilmişdir. Üçlü sistemdə 10 fazanın kristallaşma sahəsi aşkar edilmiş və koordinatları dəqiqləşdirilmişdir. Sistemdə 5 üçlü evtektik və 6 üçlü peritektik nonvariant tarazlıq nöqtələrinin yeri və temperaturuları müəyyən edilmişdir.
6. Ca-In-Te üçlü sisteminin likvidus səthinin proyeksiyası qurulmuşdur . Aşkar edilmişdir ki, sistemdə 34 tarazlıq reaksiyaları baş verir. Likvidus səthinin proyeksiyası 12 fazanın kristallaşma sahəsindən təşkil edildiyi müəyyən edilmiş və onların sərhədləri dəqiqləşdirilmişdir. Üçlü sistemin daxilində 5 üçlü evtektik və 7 üçlü peritektik nonvariant tarazlıq nöqtələrinin yeri və temperaturuları müəyyən edilmişdir.
7. Ca-In-Se (Te) sistemlərində əmələ gələn bərk məhlul ərintilərinin və CaInSe_2 , CaInTe_2 tərkibli birləşmələrin elektrofiziki xassələrinin tərkibdən və temperaturundan asılılığı öyrənilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, alınmış birləşmələrin hamısı yüksək müqavimətli yarımqəçirici xassəli materiallardır. CaInSe_2 və CaInTe_2 birləşmələrinin tərkibinə InSe , InTe komponentlərinin əlavə edilməsi ilə əlaqədar olaraq elektrik keçiriciliyi artır, xüsusi müqaviməti isə azalır və uyğun olaraq, qadağan olunmuş zolağın

(ΔE) eni də azalır. Müəyyən edilmişdir ki, birləşmələrin elektrik keçiriciliyi $\text{Se} \rightarrow \text{Te}$ sırasında artır.

8. $(\text{CaIn}_2\text{Se}_4)_{1-x}(\text{CaSe})$ ($x=0,02; 0,025; 0,03$) tərkibli ərintilərin fotoelektrik keçiriciliyinin dalğa uzunluğundan asılılığı öyrənilmiş və nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, bu nümunələr spektrin görünmə oblastunda fəthəssasdırlar. CaIn_2Se_4 birləşməsinin tərkibinə 2,5 mol %-ə qədər CaSe əlavə etdikdə onun fotokeçiriciliyi artır, CaSe -nin sonrakı artımı (3 mol %) isə fotocərəyanın azalmasına səbəb olur. Maksimal fotocərəyan 2,5 mol % CaSe tərkibində müşahidə edilir. Qeyd edilən fəthəssas nümunələr yüksək müqavimətli materiallar olduğu üçün onlardan fotorezistorların hazırlanmasında istifadə edilə bilər.

$(\text{CaIn}_2\text{Te}_4)_{1-x}(\text{CaTe})_x$ $x=0,01; 0,02, 0,03$ bərk məhlulunun fotokeçiriciliyinin spektral asılılığı öyrənilməsi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, CaIn_2Te_4 birləşməsinə CaTe əlavə edildikdə maksimal fotocərəyan əmələ gəlir. 2 mol % CaTe tərkibli ərintinin fotocərəyanının qiyməti CaIn_2Te_4 birləşməsinin fotocərəyanının qiymətindən xeyli böyükdür. Həmin nümunə optik cihazlarda fəthəssas material kimi işlədilə bilər.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı məqalə və tezislərdə öz əksini tapmışdır.

1. Yaqubov N.I. Mysayeva R..L. Əliyev İ.İ. InSe-CaSe sisteminin sintezi və fəza diaqramı. // Azərbaycan Elmlər Akademiyasının müxbir üzvü N.X.Əfəndiyevin 100 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfransın materialları. Bakı. 2007.s. 77.
2. Yaqubov N.I., Musayeva R..L., Ağammədova Y.B., İskakov R.Q. $\text{A}_4\text{Ga}_2\text{S}_7$ birləşmələrinin sintezi və lüminessent xassələri (A-Ca, Sr, Ba) // Fiziki –kimyəvi analiz və qeyri-üzvi materialşünaslıq X Respublika elmi konfransı. Məqalələr toplusu. Bakı. 2007.s.109-112.
3. Mysayeva R..L., Yaqubov N.I., Əliyev İ.İ. Sadıqov F.M. Adıgözəlova X.A. Ca-In-Se üçlü sisteminin In-CaSe və In-CaInSe₂ kəsiklərinin tədqiqi // Kimya Problemləri jurnalı . 2008. № 1. s. 137-1139.
4. Əliyev İ.İ., Mysayeva R..L., Yaqubov N.I., Sadıqov F.M. Se-CaIn₂Se₄ sisteminə fəza tarazlığı // Kimya Problemləri jurnalı . 2009. № 1. s. 106-109.
5. Алиев И.И., Мусаева Р.Л., Ягубов Н.И., Садыгов Ф.М., Исмаилов Ф.И. Характер взаимодействия в системе InSe-CaSe // Журн.неорган. химии. 2009. т.54. № 8. с. 1398-1400.

6. Алиев И.И., Мусаева Р.Л., Ягубов Н.И. Фазовые равновесия в системе $\text{CaInSe}_2\text{-CaIn}_2\text{Se}_4$. // Азерб.Хим. журн. 2009. № 1. с. 60-63.
7. Əliyev İ.İ. Musayeva R.L. Sadıqov F.M. $\text{Se-CaIn}_4\text{Se}_7$ sisteminin ərintilərinin sintezi və fiziki –kimyəvi tədqiqi // Bakı Dövlət Universitetinin 90-illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq elmi konfransının materialları. Bakı. 2009. s. 250.
8. Musayeva R.L., Əliyev İ.İ., Yaqubov N.İ., Sadıqov F.M. InTe-CaTe sisteminin ərintilərinin sintezi və tədqiqi // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 87 –ci il dönmünə həsr olunmuş dotorant, magistr və gənc tədqiqatçıların respublika elmi konfransının materialları. Bakı.2010. s.12.
9. Əliyev İ.İ. Musayeva R.L. Şirinov K.L. Novruzova F.Ə. In - CaTe sisteminin fiziki-kimyəvi tədqiqi // Kimya problemləri jurnalı. 2010. № 2. s. 465 -468.
10. Musayeva R.L., Əliyev İ.İ., Əliyev A.Ə., Novruzova F.Ə. InTe-CaTe sistemində faza tarazlığı // Kimya problemləri jurnalı. 2010. № 3. s. 465 - 468.
11. Əliyev İ.İ., Musayeva R.L., Məmmədov E.H., Novruzova F.Ə. $\text{Te-CaIn}_2\text{Te}_4$ Sisteminin fiziki-kimyəvi tədqiqi //Kimya problemləri jurnalı. 2010. № 4. s. 594-597.
12. Əliyev İ.İ., Musayeva R.L., Yaqubov N.İ., Şahbazov M.H. Ca-In-Se üçlü sisteminin $\text{InSe-CaIn}_4\text{Se}_7$ kəsiyinin tədqiqi // Азерб.Хим. Журн. 2009. № 1. s.
13. İsmayılov F.İ. Yaqubov N.İ. Sadıqov F.M. Musaeva R.L. Əliyev İ.İ. $(\text{InSe})_{1-x}(\text{CaSe})_x$ ($x=0,01; 0,02; 0,04;$) bərk məhlulunun elektrofiziki xassələrinin tədqiqi //Akademik T.N.Şahtaxtinskiyin 85 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfransın materialları. Bakı, 27-28 oktyabr. 2011.s.50-51.
14. Musayeva R.L., Əliyev İ.İ. İsmayılov F.İ. Əliyev A.Ə. $\text{Se-CaIn}_4\text{Se}_7$ sisteminin hal diaqramı // Kimya problemləri jurnalı. 2011, №2. s.309-312.
15. Musayeva R.L. $\text{InSe-CaIn}_2\text{Se}_4$ sistemində faza tarazlığı //Azərb.Kimya jurnalı.2011.№ 4. s. 136-139.
16. Мусаева Р.Л., Н.И.Ягубов, Алиев И.И. Исследование характера взаимодействия в тройной системе Ca-In-Se // VI Всероссийской конференции «Физико-химические процессы в концентрированные средах и межфазных границах» ФАГРАН-2012.15-18 октября. Воронежском ГУ. с. 389-390.

**Фазовые равновесия в тройной системе
Ca –In – Se (Te) и свойства полученных фаз
РЕЗЮМЕ**

Методами физико-химического анализ: дифференциально-термического, микроструктурного, рентгенофазового, а также измерением микротведости и определением плотности и измерением некоторых физических свойств изучен характер химического взаимодействия в системах CaSe-InSe, In –CaSe, In –CaInSe₂, Se –CaIn₂Se₄, CaIn₂Se₄ - CaIn₄Se₇, InSe -CaIn₄Se₇, InSe –CaIn₂Se₄, Se- CaIn₄Se₇, InTe -CaTe, In-CaTe, Te-CaIn₂Te₄, InTe- CaIn₂Te₄, CaInTe₂ - CaIn₂Te₄ в^а In - CaInTe₂ и построены их диаграмма состояния.

На основании данных по вышеуказанным разрезам с учетом данных по бинарным системам построена проекция поверхности ликвидуса тройной системы Ca-In-Se. В тройной системе протекает 29 химические реакция. В тройной системе Ca-In-Se имеется 10 полей первичной кристаллизации отдельных фаз. Определены место невариантные точки 5 тройной эвтектические и 6 тройные перитектические.

В результате изучения вышеуказанных разрезов построена проекция поверхности ликвидуса тройной системы Ca-In-Te. В тройной системе Ca-In-Te имеется 12 полей первичной кристаллизации фаз. В тройной системе определены место моновариантные и невариантные равновесий, из них 5 являются тройными эвтектическими, а 7 тройными перитектическими точками.

Получены новые соединения составов CaInSe₂ и CaInTe₂. Установлено, что соединения CaInSe₂ и CaInTe₂ изоструктурный и кристаллизуются в ромбической сингонии с параметрами решетки: $a = 8,67$; $b = 8,19$; $c = 10,26 \text{ \AA}$; $z = 7$; $\rho_{\text{пик.}} = 4,72 \text{ г/см}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 4,99 \text{ г/см}^3$ и $a = 9,83$; $b = 8,38$; $c = 11,48 \text{ \AA}$ $\rho_{\text{пик.}} = 4,95 \text{ г/см}^3$, $\rho_{\text{рент.}} = 5,04 \text{ г/см}^3$ соответственно.

Изучены температурные зависимость электрофизические свойства твердых растворов и тройных соединений. Установлено, что они являются высокоомными полупроводниками n- и p-типа проводимости и может быть использован в качестве материалов терморезисторов.

Изучены спектральное распределения фототока твердых растворов (CaIn₂Se₄)_{1-x}(CaSe)_x ($x=0,02$; $0,025$; $0,03$) и (CaIn₂Te₄)_{1-x}(CaTe)_x ($x=0,01$; $0,02$, $0,03$) установлено, что они проявляют высокие фоточувствительность в спектральной области $0,45\text{-}0,70 \text{ мкм}$ и $0,70\text{-}1,20 \text{ мкм}$ соответственно, рекомендуются в качестве фоторезистивных датчиков измерительных приборов.

Musayeva Rena Latif gizi
Phase equilibrium in the ternary system Ca-In - Se (Te)
and the properties of the phases

SUMMARY

Physical-chemical analysis: differential thermal, micro structural, X-ray diffraction and measurement mikrohardness and determination of the density and the measurement of some physical properties of the studied nature of chemical interaction in systems CaSe-InSe, In-CaSe, In-CaInSe₂, Se-CaIn₂Se₄, CaIn₂Se₄ - CaIn₄Se₇, InSe-CaIn₄Se₇, InSe-CaIn₂Se₄, Se-CaIn₄Se₇, InTe-CaTe, In-CaTe, Te-CaIn₂Te₄, InTe-CaIn₂Te₄, CaInTe₂ - CaIn₂Te₄ və In - CaInTe₂ and built their state diagram.

Based on data for the above sections, taking into account the data on binary systems constructed the liquids surface projection of the ternary system Ca-In-Se. In the ternary system runs 29 chemical reactions. In the ternary system Ca-In-Se has 10 fields of primary crystallization individual phases. Identified place invariant points 5 and 6 of the triple eutectic ternary peritectic.

A study of the above sections constructed the liquids surface projection of the ternary system Ca-In-Te. There are 12 fields of primary crystallization phases in the ternary system Ca-In-Se. In the ternary system determined place invariant and non-variant equilibrium, 5 of them are decent eutectic, and 7-decent peritectic points.

Obtained new compounds and compositions CaInSe₂ CaInTe₂. Found that compounds CaInSe₂ and CaInTe₂ is structural and crystallizing in orthorhombic system with lattice parameters: $a = 8,67$; $b = 8,19$; $c = 10,26$ Å; $Z = 7$; $\rho_{\text{pik.}} = 4,72$ q/sm³, $\rho_{\text{rent.}} = 4,99$ q/sm³ and $a = 9,83$; $b = 8,38$; $c = 11,48$ Å $\rho_{\text{pik.}} = 4,95$ q/sm³, $\rho_{\text{rent.}} = 5,04$ q/sm³ respectively. The temperature dependence of electrical properties of solid solutions and ternary compounds.

It is established that they are a high-resistance semiconductors of n- and p-type conductivity and can be used in everyday life as material thermistors. Spectral studied the distribution of the photocurrent of solid solutions (CaIn₂Se₄)_{1-x}(CaSe) ($x = 0,02, 0,025, 0,03$) and (CaIn₂Te₄)_{1-x}(CaTe)_x ($x = 0,01; 0,02, 0,03$) found that they exhibit a high photosensitivity in the spectral range of 0,45-0,70 m and 0.70-1,20 m, respectively, are recommended as photo resistive sensors measuring devices.

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
им. АКАДЕМИКА М.Ф. НАГИЕВА**

На правах рукописи

МУСАЕВА РЕНА ЛЯТИФ КЫЗЫ

**ФАЗОВЫЕ РАВНОВЕСИЯ В ТРОЙНОЙ СИСТЕМАХ
Ca – In – Se (Te) И СВОЙСТВА ПОЛУЧЕННЫХ ФАЗ**

2303.01- Неорганическая химия

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

Диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по химии

Б А К У – 2013