

Cu₂Se – Ga₂Se₃ – In₂Se₃ SİSTEMİNİN NAZİK TƏBƏQƏLƏRİNDƏ İKİQAT VƏ ÜÇQAT FAZALARIN YARANMASI

A.Ç. MƏMMƏDOVA

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu

AZ-1143, H. Cavid pr. 131, Bakı, Azərbaycan

amamedova@inbox.ru

Elektron difraksiyası üsulu ilə Cu₂Se – Ga₂Se₃ – In₂Se₃ sisteminin nazik təbəqələrində fazaəmələgəlmə prosesləri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, CuGa₅(In₅)Se₈ tərkibli üçqat birləşmələrin amorf təbəqələri otaq temperaturunda davamlıdır və 383 ÷ 393 K temperaturda kristallaşır.

Açar sözlər: Fazaəmələgəlmə, nazik təbəqə, kristallaşma

DOI:10.70784/azip.2.2024219

GİRİŞ

Günəş enerjisi çevricilərinin hazırlanması üçün optimal enerji diapazonu 1,2 - 1,4 eV olduğundan, son zamanlar A¹ - B³ - C⁶ sisteminə daxil olan Cu(In,Ga)₅Se₈ birləşməsinə olan maraq artmışdır. Bu birləşmələrə olan yüksək maraq onların qadağan olunmuş zonalarının eni ilə bağlıdır. Belə ki, CuGa₅Se₈ birləşməsinin qadağan olunmuş zonasının eni (E_g) 1,85 eV-dur [1]. Heksaqonal CuIn₅Se₈ birləşməsinin qadağan olunmuş zonasının eni (E_g) temperaturdan (10-300 K) asılı olaraq 1,23-1,13 eV diapazonunda dəyişir [2]. Bu nöqtəyi nəzərdən müstəqil saf fazaların əldə edilməsi üçün şəraitin və təbiətinin müəyyən edilməsi, komponentlərin fərqli nisbəti ilə Cu(In_{1-x}Ga_x)₅Se₈ birləşməsinin əmələ gəlməsi və sonrakı böyüməsi heterogünəş elementlərinin parametrlərinin yaxşılaşmasına səbəb ola bilər.

Yeni nəsil yüksək effektivli günəş elementlərinin yaradılması üçün perspektivli materiallar hesab edilən Cu(In,Ga)₅Se₈ [3] nanoqalınlıqlı nazik təbəqələrində fazaəmələgəlmə prosesləri yüksək enerjili elektron difraksiya üsulundan istifadə edilərək öyrənilmişdir.

TƏCRÜBİ ÜSUL

Tamamilə struktur şəkildə formalaşmış və dəqiq steoxiometrik tərkibli Cu₂Se – Ga₂Se – In₂Se₃ sisteminin nazik təbəqələri alınması zamanı, bu sistemdə qarşılıqlı təsir proseslərini və fazaəmələgəlmə proseslərini öyrənmək üçün, Tl-Te sistemində binar sahə komponentlərinin və həmçinin Ag–Ga–S(Se) üçlü sistemində fazaəmələgəlmə prosesinin öyrənilməsi üsulundan istifadə edilib [4]. Yuxarıda qeyd olunan işlərdə və burada istifadə olunan üsul, maddənin sıxlığını bilməklə, çökdürülmüş təbəqələrin hündürlüyünü qalınlığını ~5% dəqiqliklə idarə etməyə imkan verir.

Elektronoqrafik quruluş analizinin tədqiqi üçün yararlı olan Cu–In(Ga)–Se sisteminin CuIn₅Se₈, CuGa₅Se₈ nazik təbəqələri Cu₂Se və Ga₂Se, In₂Se₃ ikiqat birləşmələrinin 1:5 nisbətində eyni zamanda və ardıcıl buxarlandırılaraq, termiki çökdürülməsi üsulu ilə alınmışdır.

Kondensasiya müstəvisinin vahid səthinə düşən maddənin kəmiyyət paylanması tədqiq edilmiş və aşağıdakı formula müəyyən edilmişdir.

$$q = \frac{Q}{4\pi h^2} \frac{1}{(1 + \alpha)^{3/2}}$$

Cu₂Se–Ga₂Se₃–In₂Se₃ sisteminin nazik təbəqələri 10⁻⁴Pa tərtibli vakuumda UVP-4 qurğusunda termiki çökdürmə üsulu ilə alınmışdır. Ga₂Se₃ və In₂Se₃ buxarlandırılan mənbələr bir-birindən 200mm məsafədə, kondensasiya müstəvisindən (altlıq kimi istifadə olunan NaCl monokristalı) 100 mm hündürlükdə yerləşdirilmişlər. Cu₂Se buxarlandırılan üçüncü mənbə digər iki mənbənin tam ortasında yerləşdirilmişdir. Buxarlandırıcı mənbə qismində konusvari şəkildə hörölmüş volfram məftillərdən istifadə edilmişdir. Monokristal altlıqlarının qazsızlaşdırılmaları üçün, onlar 473 K temperaturda 1.5-2 saat müddətində qızdırılmağa məruz qalmışlar. Buxarlandırıcı mənbələrin yuxarıda göstərilən qaydada yerləşdirilməsi ilə, nazik təbəqələrin tərkiblərinin müntəzəm şəkildə rəvan olaraq dəyişməsinə nail olunur. Tərkibində asanlıqla oksidləşən (Cu, In) və uçucu elementlər (Se) olan birləşmələrin təbəqələrinin eksperimental tədqiqatları, xüsusilə yüksək temperaturda termiki işlənməsi zamanı hava ilə təmasda oksidləşmə və parçalanma ehtimalı ilə çətinləşir. Təbəqələrin termik işlənməsi zamanı uçucu komponentin (selenin) oksidləşmə proseslərinin və təkrar buxarlandırmanın qarşısının alınması məqsədi ilə tədqiq olunan təbəqələr hər iki tərəfdən amorf karbon qoruyucu təbəqəsi ilə örtülmüşdür. Bu məqsədlə karbon təbəqələri ilkin olaraq NaCl monokristal altlıqların səthinə vakuumda çökdürülmüşdür. Sonra səthə tədqiq olunan təbəqələr çökdürülmüş, və yenidən üzərinə karbon təbəqələr çökdürülmüşdür. Beləliklə tədqiq olunan təbəqələr xüsusi olaraq kapsullaşdırılmışdır. Tədqiq olunan təbəqələrin ümumi qalınlığı, karbon təbəqələr nəzərə alınmaqla, 50 nm-dən çox olmamışdır. Karbon təbəqələrinin olması difraksiya nümunələrinin fonunda bir qədər artıma səbəb olmuşdur.

Eyni vaxtda və ardıcıl buxarlandırma şəraitində yaranan Cu₂Se, Ga₂Se₃, In₂Se₃ amorf və kristal fazaların faza tərkibi və quruluş xüsusiyyətləri EMR-

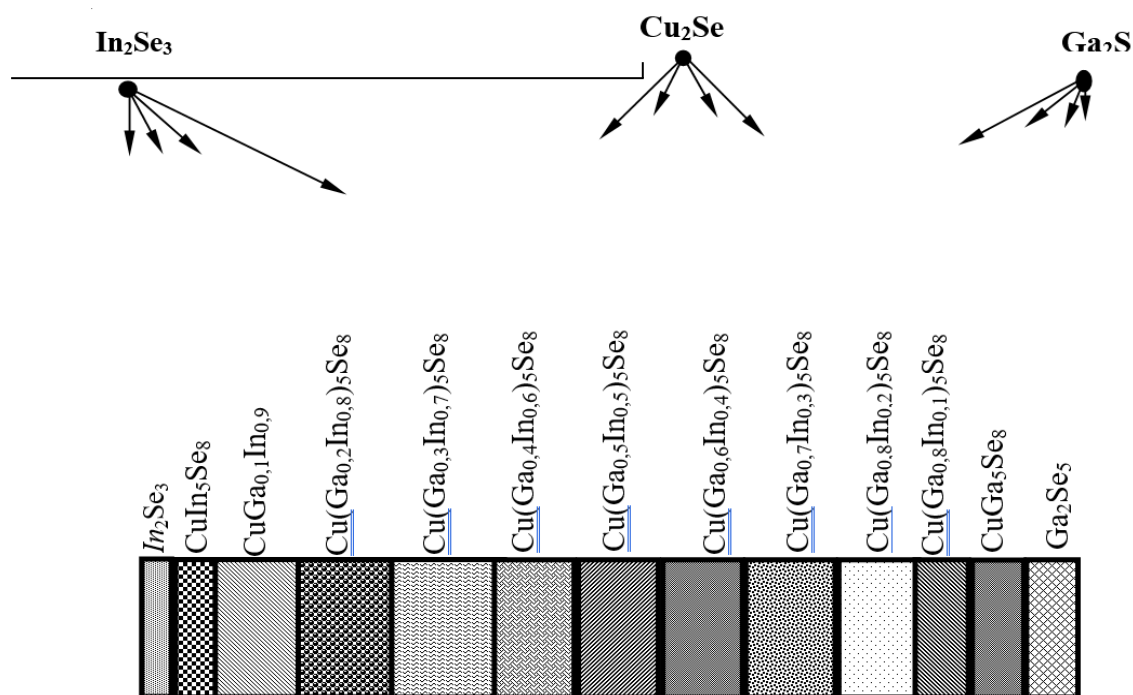
102 elektronqrafında elektron difraksiya üsulu ilə tədqiq edilmişdir.

TƏCRÜBİ NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN İZAHİ

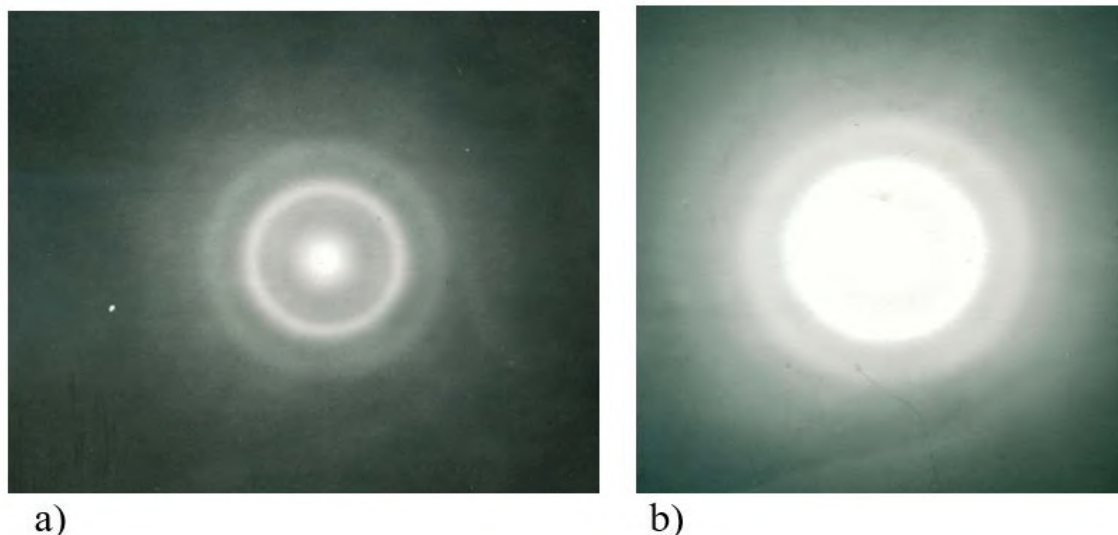
Bir-birindən 5 mm məsafədə, ümumi uzunluğu 200mm olan NaCl monokristal altlığı üzərinə binar birləşmələrin eyni zamanda buxarlandırılması nəticəsində əmələ gələn nazik təbəqələrin elektron difraksiyası əsasında faza paylanma diaqramı qurulmuşdur (şəkil 1.).

Komponentlərin eyni zamanda çökdürülməsindən alınan nazik təbəqələrin elektronqrafik analizi, kondensasiya müstəvisi üzərində ikiqat və üçqat amorf təbəqələr yarandığını göstərmişdir. Kondensasiya müstəvisinin çox dar sahəsində birbaşa $\text{Cu}_2\text{Se} - \text{Ga}_2\text{Se}_3$ və $\text{Cu}_2\text{Se}-\text{In}_2\text{Se}_3$

buxarlanma mənbələri altında əmələ gələn amorf təbəqələr $S = 4\pi \sin \theta / \lambda = 19.4; 32.4; 54.0; 65.0 \text{ nm}^{-1}$ və $20.30; 34.10; 54.30 \text{ nm}^{-1}$ və qəfəs parametrləri $a=1,60, c=1,924 \text{ nm}$ olan heksoqonal və kubik qəfəslərdə kristallaşır və müvafiq olaraq $c = 1,924 \text{ nm}$ $\alpha - \text{In}_2\text{Se}_3, \text{Ga}_2\text{Se}_3$ modifikasiyaları ilə uyğunlaşır [5]. Kondensasiya müstəvisinin kifayət qədər geniş hissəsində, Cu_2Se və $\text{In}_2\text{Se}_3(\text{Ga}_2\text{Se}_3)$ maddələrinin buxarlandığı mənbələri arasında əmələ gələn amorf təbəqələr $s = 4\pi \sin \theta / \lambda = 30,52; 40,43; 60,85$ və $27,42; 35,87; 55,08 \text{ nm}^{-1}$ (şəkil 2 a, b) qiymətləri ilə xarakterizə olunan heksoqonal qəfəs əsasında kristallaşır, uyğun qəfəs parametrləri $a=0,572; c=1,162 \text{ nm}; a=0,5483; c = 1,094 \text{ nm}$ olan $\alpha - \text{CuIn}_5\text{Se}_8$ və CuGa_5Se_8 üçün verilmiş məlumatlarla uyğunlaşır[1].



Şəkil 1. Kondensasiya müstəvisi üzərində $\text{Cu}(\text{Ga}_{0.9}\text{In}_{0.1})_5\text{Se}_8 - \text{Cu}(\text{Ga}_{0.1}\text{In}_{0.9})_5\text{Se}_8$ tərkibli fazaların paylanma sxemi.



Şəkil 2. CuIn_5Se_8 (a) və CuGa_5Se_8 (b) amorf nazik təbəqəsindən alınmış elektronqram

NƏTİCƏ

Beləliklə Cu₂Se və Ga₂Se₃, In₂Se₃ ikiqat birləşmələrinin eyni zamanda və ardıcıl buxarlandırılmaları zamanı kondensasiya müstəvisi üzərində ikiqat və üçqat amorf fazalar yaranır. CuGa₅(In₅)Se₈ tərkibli üçqat birləşmələrin amorf

təbəqələri otaq temperaturunda davamlıdır və 383÷393 K temperaturda kristallaşır.

$$I_{hkl} = I_o \lambda^2 \left| \frac{\Phi_{hkl}}{\Omega} \right|^2 V \frac{d_{hkl} \Delta}{4\pi L \lambda} P$$

- [1] L. Duran, S.M. Wasim, C.A. Durante Rincon, et al. Phys.stat.sol. V.199, № 2, pp. 220-226, 2003.
- [2] C. Rincon, S.M. Wasim, G. Marin, et al. Journ. Appl. Phys., V.90, № 9, p. 4423 – 4428, 2001.
- [3] K. Ramanathan, M.A. Conreras, C.L. Perkins, et al. Prog.Photovolt.: Res. Appl., V.11. 225–227, 2003.
- [4] А.Ч. Мамедова. Образование наноразмерных аморфных и кристаллических фаз в системах Ag – Ga – S(Se), фазовые превращения в тонких пленках AgGaS₂(Se₂), дисс. Баку -2010, 150 с.
- [5] С.А. Семилетов. ФТТ, т. 3, № 3, с. 746– 753 (1961)

А.Ч. Мамедова

ОБРАЗОВАНИЕ БИНАРНЫХ И ТРОЙНЫХ ФАЗ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ СИСТЕМЫ Cu₂Se – Ga₂Se₃ – In₂Se₃

Электроннографическим методом исследованы процессы фазообразования фазовых переходов в тонких пленках системы Cu₂Se – Ga₂Se₃ – In₂Se₃. Установлено, что аморфные слои тройных соединений составов CuGa₅(In₅)Se₈ стабильны при комнатной температуре и кристаллизуются в интервале температур 383 ÷ 393 К.

A.Ch. Mammadova

FORMATION OF BINARY AND TERNARY PHASE IN THIN FILMS OF Cu₂Se – Ga₂Se – In₂Se₃

By method of electron diffractometry phase formation process in thin films of Cu₂Se – Ga₂Se – In₂Se₃ system have been investigated. It has been established that amorphous layers of ternary compounds of CuGa₅(In₅)Se₈ compositions are stable at room temperature and crystallize in the temperature range 383–393 K.

Qəbul olunma tarixi: 13.05.2024