

CuIn₅S₈ TƏRKİBLİ İFRATQURULUŞLU FAZASININ İFRAT QƏFƏSLƏRİ ƏSASINDA CuIn_{5-x}Sn_xS₈ BƏRK MƏHLULLARININ YARANMASI

G.E. DAŞDƏMİROVA, C.İ. İSMAYİLOV

Elm və Təhsil Nazirliyi, Fizika İnstitutu,

AZ-1143, Bakı şəh., H.Cavid pr. 131

Uli200909@rambler.ru, cabirismailov@gmail.com

Təqdim edilən bu işdə qalınlığı 300 Å olan CuIn₅S₈ tərkibli nazik təbəqələr müxtəlif monokristal altlıqlar üzərində Cu₂S və In₂S₃-ün 1:5 nisbətində termiki buxarlanma metodu ilə alınmışdır. Bu təbəqələrin çökmə sürəti 15 Å/san olmaqla altlıqların temperaturu (T_a) otaq temperaturundan başlayaraq 500K-ə qədər temperatur intervalında dəyişilmişdir. Verilən üçqatlı birləşmədə Sn elementinin aşqar qismində iştirakı nəticəsində ifratquruluşlu fazanın ifrat qəfəsləri əsasında alınan CuIn_{5-x}Sn_xS₈ tərkibli bərk məhlulların yaranmasının eksperimental nəticələri təqdim olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, ifrat quruluşlu faza əsasında yaranan bərk məhlulların qəfəs sabitləri aşqarın konsentrasiyasından ($0,01 \leq x \leq 0,09$ at.%) təxminən xətti asılıdır. CuIn_{5-x}Sn_xS₈ əvəzətmə bərk məhlullarda kubik qəfəs periodu, $x=0,07$ stexiometrik tərkibdə maksimum qiymətə (0,7Å) çatır.

Açar sözlər: ifratquruluşlu faza, ifrat qəfəs, elektron difraksiyası, üçqatlı birləşmələr, monokristal təbəqələr, elementar özək.
PACS: 61.50.ks

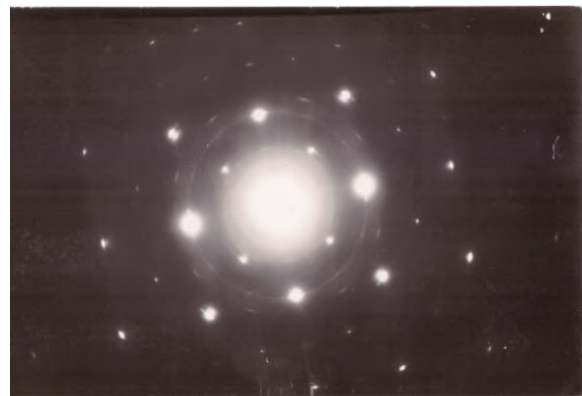
1. GİRİŞ

[1-4]-ə əsasən, CuIn₅S₈ üçqat birləşməsi hər növ yüksək effektiv fotoçeviricilər, optik şüalandırcılar yaratmaq və müxtəlif növ heteroquruluşlu, detektorlar istehsal etmək üçün çox perspektivli yarımkeçirici materialdır. Elektronların toqquşma dövrlərinin azalması və onlarda dəşik keçiriciliyinin meydana gəlməsi yarımkeçirici maddələrdə yeni xüsusiyyətlərin yaranmasına səbəb olan böyük periodlu ifratquruluşlu fazaların böyüməsi və onların mövcudluğu şəraitlərinin öyrənilməsi, xüsusilə aktual elmi məsələdir. [1]-də müəyyən edilmişdir ki, CuIn₅S₈ $a=10,685\text{Å}$ sabitə malik kubik elementar qəfəsdə kristallaşır. Bu kristallar $Fd\bar{3}m$ fəza simmetriya qrupu ilə təsvir olunur. [5]-də göstərilmişdir ki, Cu₂S və In₂S₃ ikiqat birləşmələrinin 1:5 nisbətində eyni vaxtda və ardıcıl vakuumba çökdürülməsi nəticəsində sintez edilən bu üçqat birləşmənin nanoqalınlıqlı amorf təbəqələrinin kristallaşmalarının kinetik parametrləri Avrami-Kolmoqorovun analitik ifadəsilə təsvir olunur. Həmçinin, müəyyən edilmişdir ki, CuIn₅S₈-in yaxın atom nizamı atomların tetraedrik və oktaedrik əhatələrilə səciyyələnir. Nazik təbəqələrin kondensasiya mexanizmini, morfologiyasını, həmçinin quruluşunu şərtləndirərək formalaşdırən ən mühüm amillərdən biri də altlığın temperaturu (T_a) və onun təbiətidir.

2. EKSPERİMENTAL TƏDQIQAT

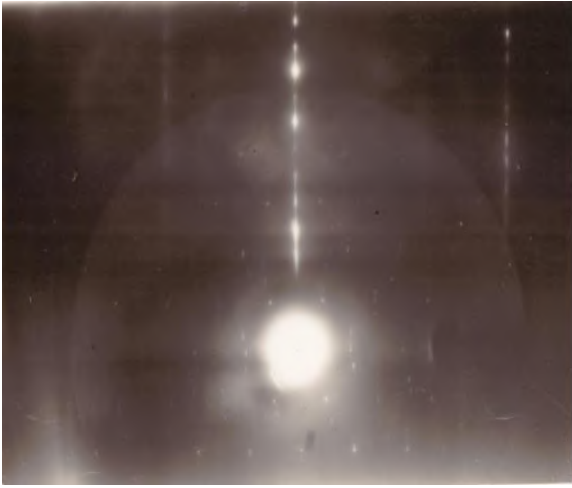
Bu iş, elektron difraksiya üsulu ilə müxtəlif quruluşlu altlıqlar üzərində CuIn₅S₈-in nazik təbəqələrinin alınma şəraitlərinin öyrənilməsinə, ifrat quruluşlu fazanın mövcudluğunun təmin edilməsinin müəyyənləşdirilməsinə və aşqarların onun formalaşmasına, həmçinin tərkibində Sn aşqarı olan və NaCl, KCl, LiF, NaBr, KBr monokristal altlıqlar üzərində CuIn_{5-x}Sn_xS₈ tərkibli ifrat qəfəslər əsasında bərk məhlulların alınmasına həsr edilmişdir. 300 Å qalınlıqlı CuIn₅S₈ tərkibli nazik təbəqələr, yuxarıda göstərilən monokristal altlıqlar üzərində Cu₂S və In₂S₃-ün 1:5 nisbətində termiki buxarlanma metodu ilə alınmışlar. Təbəqələrin çökmə sürəti

15Å/san təşkil etməklə altlıqların temperaturu (T_a) otaq temperaturundan başlayaraq 500K-ə qədər temperatur intervalında dəyişilmişdir. Otaq temperaturunda yerləşən altlıqlar üzərinə sublimasiya edilmiş CuIn₅S₈(Sn) nanoölçülü təbəqələr [5]-də göstərilən $S=4\pi\sin\theta/\lambda$ qiymətlərilə uyğunluq təşkil edən amorf quruluşa malik olmaqla 350K-ə qədər olmaqla bütün altlıqlar üzərində amorf təbəqələr yaranır. $T_a=355-360\text{K}$ olan altlıqlar üzərinə təbəqələri kondensasiya etdikdə, məlum kubik quruluşlu polikristal təbəqələr alınır [5]. NaBr altlığının temperaturunun artırılması ilə polikristaldan alınan difraksiya əkslərilə yanaşı, CuIn₅S₈ kubik qəfəs üçün xarakterik olan nöqtəvi əkslər meydana çıxmaqla monokristal blokların əmələ gəlməsini göstərir. Altlıqların temperaturunun artırılması ilə polikristal xətlərin intensivliyi zəifləyir, mozaik monokristaldan yaranan əkslərin intensivlikləri isə yüksələrək daha da kəskinləşir.



Şəkil 1. CuIn₅S₈ monokristallik nazik təbəqəsində alınan elektronqram.

Altlıqların temperaturunun 450K-ə qədər artırılması nəticəsində yalnız polikristal təbəqələrin əmələ gəldiyi NaCl, KCl, LiF, KBr altlıqlarından fərqli olaraq, NaBr altlıqları üzərində mükəmməllik dərəcəsi yüksək olan kristallik bloklardan təşkil olunmuş təbəqələr əmələ gəlir, elektronqramlarda nöqtəvi difraksiya əkslərinin kvadrat şəbəkəsi yaranır (şəkil 1).



Şəkil 2. CuIn₅S₈ ifratquruluşlu nazik təbəqədən alınan kikuçi xətlərli elektronogram.

Oxşar monokristal təbəqələrdən alınmış elektron difraksiya mənzərəsinin indeksləşdirilməsi böyümə istiqaməti (100), $a=10,685 \text{ \AA}$ olmaqla tərəfləri mərkəzləşdirilmiş (F432) kubik kristal qəfəs əsasında mümkündür. İlk CuIn₅S₈ fazasının kristal qəfəslərinin elementar özləri ilə ilkin faza əsasında əmələ gələn ifratquruluşlu monokristal təbəqələrin qəfəs sabitləri arasında sadə əlaqə vardır $a=a_0\sqrt{3}=18,507 \text{ \AA}$, burada $a_0=10,685 \text{ \AA}$. Monokristallik NaBr altlığının üç elementar qəfəsilə ifratquruluşlu fazanın elementar özləri arasındakı uyğunsuzluq 3,2% təşkil edir. Bu əlaqə onu göstərir ki, müşahidə etdiyimiz yeni kristal qəfəs ilkin CuIn₅S₈ fazasının ifratquruluş şəbəkəsi kimi qəbul edilməlidir. İfratquruluşlu fazanın difraksiya əkslərinin sönmə qanununa əsasən ilkin fazanın fəza simmetriya qrupundan $Fd\bar{3}m$ -dən fərqli olaraq F432 ilə təsvir edilir. Altlığın temperaturunun 450K və daha çox, dəqiq olaraq 470-490K-ə qaldırılması nəticəsində elektron şüalarının səpilməsi dinamik səciyyə daşıyır, yəni daha mükəmməl monokristal təbəqələr yaranır (şəkil 2).

3. NƏTİCƏLƏR

Bizim tərəfimizdən aparılan elektron tədqiqatlarının nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, ifratquruluşlu CuIn₅S₈ təbəqələrinin əmələ gəlməsi altlıqların təbiətindən, termiki işlənmələrindən, həmçinin təbəqələrin Sn elementi ilə aşqarlanmasından asılıdır. 430K-də nanoölçülü monokristal təbəqələrə qalayın 0,01%-0,09% intervalında daxil edilməsilə ifratquruluşlu təbəqələrin əmələgəlmə temperaturunun aşağı düşməsilə yanaşı, onların daha da mükəmməlləşməsinə gətirib çıxarır. Qalayla aşqarlanmış CuIn₅S₈ kubik epitaksial təbəqələrinin ifratquruluş qəfəslərinin kristalloqrafik sabitləri "mənfi kristallokimyəvi sıxılma"ya məruz qalmaqla $\sim 0,55 \text{ \AA}$ tərtibində uzanır və $0,01 \leq x \leq 0,09$ at.% qiymətlərindən başlayaraq CuIn_{5-x}Sn_xS₈ məhdud bərk məhlullar yaranır. Kifayət qədər geniş intervallar daxilində CuIn₅S₈ ifratquruluşlu faza əsasında yaranan CuIn_{5-x}Sn_xS₈ tərkibli məhdud bərk məhlullarının əmələ gəlməsi nəticəsində, ifratquruluşlu kubik şəbəkənin nisbi və mütləq təhrifi 0,43% təşkil edir. İfratquruluşlu CuIn_{5-x}Sn_xS₈-in epitaksial monokristal təbəqələri, NaBr monokristallik altlıqlarının tilləri paralel olmaqla (100) müstəvilərilə istiqamətlənirlər. Müəyyən edilmişdir ki, ifratquruluşlu faza əsasında yaranan bərk məhlulların qəfəs sabitləri aşqarın konsentrasiyasından ($0,01 \leq x \leq 0,09$ at.%) təxminən xətti asılıdır və Veqard qanunlarına tabe olurlar. CuIn_{5-x}Sn_xS₈ əvəzəmə bərk məhlullarda kubik qəfəs periodu, $x=0,07$ stexiometrik tərkibdə maksimum qiymətə ($0,7 \text{ \AA}$) çatır. Stexiometriyadan həm bir istiqamətə, həm də digər istiqamətdə kənara çıxma zamanı "a" periodları xətti azalır və $x=0,08 \div 0,09$ tərtibində bir az kənaraçıxma müşahidə olunmaqla doyma dərəcəsinə çatır.

Beləliklə, CuIn₅S₈-də $0,01 \leq x \leq 0,09$ tərkib diapazonunda olan Sn aşqarları CuIn_{5-x}Sn_xS₈ ifratquruluşlu fazanın ifrat qəfəsləri əsasında bərk məhlulların əmələ gəlməsinə səbəb olmaqla nanoölçülü epitaksial böyüyən təbəqələrin parametrlərinin dəqiq olaraq idarə edilməsinə imkan verir.

- [1] S. Kitamura, S. Endo, T. Irie. Semiconducting properties of CuIn₅S₈ single crystals. I Electrical properties. Journal Phys. Chem. Solids., (46), 1985, p. 881-885.
- [2] H.C. Орлова, И.В. Боднар, Е.А. Кудрицкая. Структураи физико-химические свойства CuIn₅S₈. Нерган. Материалы., 8(33), 1997, с.932-934.
- [3] И.В. Боднар, В.Ю. Рудь, Е.И. Теруков, А.М. Ковальчук. Фоточувствительные структу-

- ры на монокристаллах CuIn₅Te₈: создание и свойства. ФТП, 45(5), 2011, с.617-621.
- [4] И.В. Боднар, М.А. Жафар. Поверхностно-барьерные структуры основе монокристаллов твердого раствора (FeIn₂S₄)_{0,5}(CuIn₅S₈)_{0,5}. Доклады БГУИР, 5(107), 2017, с.40-45.
- [5] Г.Е. Дашидамирова, Э.Б. Аскеров, Д.И. Исмаилов. Фазообразование и кинетика кристаллизации аморфных пленок CuIn₅S₈. ФТП, 56(3), 2022, с.297-301.

G.E. Dashdamirova, D.I. Ismailov

FORMATION OF CuIn_{5-x}Sn_xS₈ SOLID SOLUTIONS BASED ON SUPERLATTICES OF THE CuIn₅S₈ SUPERSTRUCTURAL PHASE

In the present work, thin films containing CuIn₅S₈ with a thickness of 300 Å were obtained on various substrates by thermal evaporation of Cu₂S and In₂S₃ in a ratio of 1:5. The deposition rate of these layers was 15 Å/s, and the substrate temperature (T_s) varied from room temperature to 500 K. The results of experiments on the formation of solid solutions containing CuIn_{5-x}Sn_xS₈ obtained on the basis of extreme lattices of the superstructured phase as a result of the presence of the

Sn element as an additive in this three-layer compound are presented. It has been established that the lattice constants of solid solutions formed on the basis of the superstructured phase depend approximately linearly on the concentration of the additive ($0.01 \leq x \leq 0.09$ at.%). Substitution CuIn_{5-x}Sn_xS₈ reaches its maximum value (0.7Å) in the period of the cubic lattice, stoichiometric composition $x=0.07$ in solid solutions.

Г.Е. Дашдамирова, Д.И. Исмаилов

ОБРАЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ CuIn_{5-x}Sn_xS₈ НА ОСНОВЕ СВЕРХРЕШЕТОК СВЕРХСТРУКТУРНОЙ ФАЗЫ СОСТАВА CuIn₅S

В представленной работе тонкие пленки, состава CuIn₅S₈, толщиной 300 Å были получены на различных монокристаллических подложках методом термического испарения Cu₂S и In₂S₃ в соотношении 1:5. Скорость осаждения этих слоев составляла 15 Å/с, а температура подложек (T_n) варьировалась от комнатной до 500К. Представлены результаты экспериментов по формированию твердых растворов CuIn_{5-x}Sn_xS₈ обладающие сверхрешетками сверхструктурной фазы. Установлено, что в результате введения химического элемента Sn в качестве примеси, постоянные решетки образующихся твердых растворов на сверхструктурированной фазы, примерно линейно зависят от концентрации добавки ($0,01 \leq x \leq 0,09$ ат.%). Замещение CuIn_{5-x}Sn_xS₈ достигает максимального значения (0,7Å) в периоде кубической решетки, стехиометрический состав $x=0,07$ в твердых растворах.

Qəbul olunma tarixi: 03.03.2023