$In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0,0007) $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) KRİSTALLARININ ELEKTRİK XASSƏLƏRİNİN TƏRKİBDƏN ASILILIĞI

P.H. İSMAYILOVA, A.Ə. İSMAYILOV∗, Ə.Ə. İSMAYILOV, X.Ş. VƏLİBƏYOV∗∗
Azərbaycan ETN Fizika İnstitutu,Bakı-1073, H.Cavid prospekti 131
**Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı-1143, H.Cavid prospekti 25*
∗∗Şəki rayon mərkəzi AMEA, küçə L.Abdullayeva 24

294K temperaturda $In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0, 0007) və $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) monokristallarında elektrik xassələrinin tərkibdən asılılığı araşdırılmışdır. Monokristalların tərkibində Er və Sm-un miqdarı artdıqca, tarazlıqda olan yükdaşıyıcıların konsentrasiyası artır. Bu da elektrik keçiriciliyinin nəzərə çarpacaq dərəcədə artımına gətirir (3 tərtib).

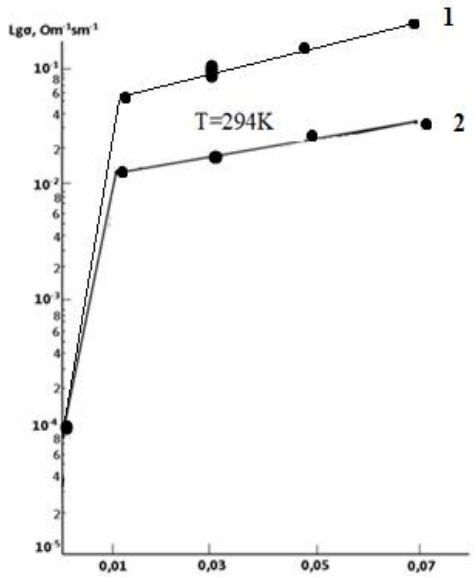
Açar sözlər: koordinasiya ədədi, elektrikkeçiriciliyi, konsentrasiya, nadir torpaq elementləri, laylı kristallar.
DOI:10.70784/azip.3.2024C47

Giriş

A^3B^6 tipli yarımkeçiricilərdə kimyəvi birləşmələrin və onların fiziki xassələrinin xüsusiyyəti valent elektronlarının qoşalaşmamış sayına görə yaranır. CaSe (InSe, CaTe) tipli belə natamam valentli birləşmələr adətən laylı və zəncirvari quruluşda kristallaşırlar. InSe-də metal atomlarının koordinasiya ədədi 4, Se atomlarının kordinasiya ədədi 3-dür. Uygun olaraq 4 koordinasiyalı In atomu 3 koordinasiyalı Se atomu ilə tetraedrik əlaqə yaradır və 1 In atomu s^2p elektronu hesabına sp^3 hibridlənir [1]. Yuxarıda göstərilənlər indium, erbium və samarium monoselenidləri arasındakı kimyəvi əlaqənin təbiətinin oxşar olduğu qənaətinə gəlməyə imkan verir. InSe - ErSe və InSe - SmSe arasında bərk məhlulların əmələ gəlməsinə şərait yaradır [2]. Öz unikal xassələrinə görə bu kristallar rentgen detektorlarının [3,4], nüvə reaktorlarında radioaktiv ölçmə cihazlarının [5] yaradılması üçün əlverişlidir. Bu kristalların ayrı-ayrı fiziki xassələrini və parametrlərini nadir torpaq elementləri (NTE) daxil etməklə idarə etmək mümkündür. Otaq temperaturunda p-InSe monokristalı üçün tarazlıqda olan yükdaşıyıcıların konsentrasiyası $p_0=1{,}84\cdot10^{13}$ см$^{-3}$, yürüklüyü $\mu_o=85$ см^2/V·s olmuşdur [6]. InSe-dən fərli olaraq, $In_{1-x}Er_xSe$-də x=0,01; 0,03; 0,05; 0,07 tərkiblərində qaranlıqdakı xüsusi müqavimətləri uygun olaraq $\rho_T\approx 7\cdot10^2\div2\cdot10^3$ Om·sm.; tarazlıqda olan yükdaşıyıcıların konsentrasiyası $n_o\approx10^{14}\div10^{16}$ sm^{-3} və yükdaşıyıcıların yürüklüyü $\mu_o\approx500\div800$ sm^2/V·san olmuşdur [7]. $In_{1-x}Sm_xSe$(x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) üçün isə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası $n_o\approx7\cdot10^{14}\div8\cdot10^{16}$ sm^{-3}, yükdaşıyıcıların yürüklüyü $\mu_o\approx117{,}5\div2{,}52$ sm^2/V·san olmuşdur [2]. Müəyyən edilmişdir ki, daxil edilən NTE-nin təbiətindən, fiziki-kimyəvi xassələrindən asılı olaraq alınmış birləşmələrin tətbiq imkanları dəyişə bilər. Kristallarda indium atomlarının NTE-nin atomları ilə əvəz edildikdə donor tipli səviyyələrin yüksəlməsinə gətirir ki, bu da n–tip keçiriciliyin yaranmasına şərait yaradır.

Təcrübə və nəticələrin müzakirəsi

Elektrik xassələrini tədqiq etmək üçün $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) və $In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0,0007) bircins kristallar alınmışdır. Bunun üçün In-In 000, Se B-599,99999, Sm M-1 və Er F-3 markalı elementlərdən istifadə edilmişdir. In, Sm, Se və In, Er, Se kimyəvi elementləri stexiometriyaya uyğun olaraq çəkilmiş və havası 10^{-4}mm.c.süt. qədər sorulmuş kvars ampulaya doldurulur. $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) və $In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0,0007) monokristalları şaquli Bricman üsulu ilə yetişdirilmişdir.



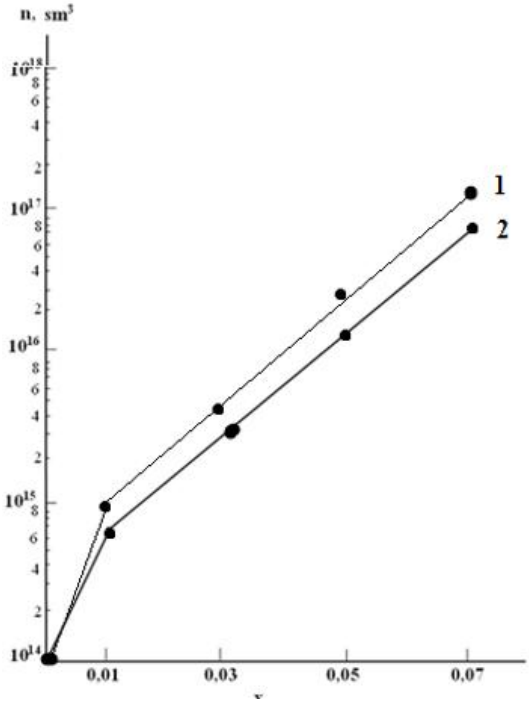
Şəkil 1. T=294K temperaturda $In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) (əyri 1) və $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) (əyri 2) monokristallarının elektrik keçiriciliyinin tərkibdən asılılığı.

Ampulanın sobada hərəkət sürəti 0,3 sm/saat təşkil etmişdir. Alınan ərintilər diferensial termik analiz (DTA), rentgen faza analizi (RFA) metodları ilə tədqiq edilmiş, onlarım sıxlığı, mikromöhkəmliyi və elektrik xassələri ölçülmüşdür. Analizin nəticələrinə görə müəyyən edilmişdir ki, monokristallar qəfəs parametrləri $a=(4{,}04\pm0{,}01)\cdot10^{-4}$ mkm, $c=(16{,}90\pm0{,}03)\cdot10^{-4}$ mkm. olan heksaqonal struktura malik alınıblar. Bu məqsədlə müasir və dəqiq (ДСК-910, ADVNCE-8D, SINTECP-21, ДРОН-4-07) ölçü qurğularından istifadə edilmişdir [9]. $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) və

131, H.Javid ave, AZ-1073, Baku
Institute of Physics
E-mail: jophphysics@gmail.com

$In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0,0007) monokristallarının bərk məhlullarının elektrofiziki xassələrini müəyyən etmək üçün nümunələr hazırlanmışdır. Tədqiq olunan nümunələr ölçüləri 10x4x2mm^3 olan paralelepiped şəklində olmuşdur. Kontakt materialı olaraq gümüş pastasından istifadə edilmişdir. Kontaktlar nümunələrin əks səthlərinə qarşı-qarşıya yerləşdirilmişdir.

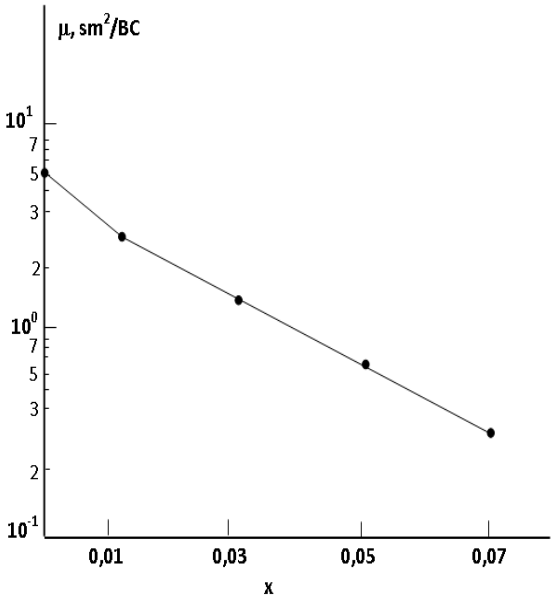
Şəkil 1-də otaq temperaturunda (T=294K) $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) və $In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0,0007) monokristallarının elektrikkeçiriciliyinin tərkibdən asılılığı verilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi p-InSe monokristalının elektrik keçiriciliyi tərkibində Sm və Er-nin miqdarı artdıqca $In_{0,99}Sm_{0,01}Se$ və $In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0,0007) monokristalının elektrik keçiriciliyindən 3 tərtib artır. Elektrik keçiriciliyinin tipi $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) və $In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0,0007) kristalları üçün termo e.h.q-nin işarəsinə görə müəyyən edilmişdir.



Şəkil 2. T=294K temperaturda $In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0,0007) monokristalları (əyri 1) və $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) (əyri 2) monokristallarında yükdaşıyıcıların konsentrasiyalarının tərkibdən asılılığı

Şəkil 2-də otaq temperaturunda $In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0,0007) və $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) monokristallarında yükdaşıyıcıların konsentrasiyalarının tərkibdən asılılığı göstərilmişdir. Şəkildən göründüyü kimi, monokristalların tərkibində Er və Sm-un miqdarı artdıqca, yükdaşıyıcıların konsentrasiyası artır. Bu elektrik keçiriciliyinin artmasına səbəb olur.

Şəkil 3-də otaq temperaturunda $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) monokristallarında yükdaşıyıcıların yürüklüyünün tərkibdən asılılığı göstərilmişdir. Şəkildən görünür ki, monokristalların tərkibində Sm-un miqdarı artdıqca, yükdaşıyıcıların yürüklüyü azalır.



Şəkil 3. T=294K temperaturda $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) monokristallarında yürüklüyün tərkibdən asılılığı

Beləliklə də $In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0,0007) və $In_{1-x}Sm_xSe$(x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) monokristallarında 294K temperaturda elektrik xassələrinin tərkibdən asılılığı araşdırılmışdır. InSe-nə Sm və Er daxil edilməsi elektrik keçiriciliyini nəzərə çarpacaq dərəcədə artırır (3 tərtib). Müəyyən edilmişdir ki, $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) və $In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0,0007) monokristallarının tərkibində Sm və Er-mun miqdarı artdıqca, tarazlıqda olan yükdaşıyıcıların konsentrasiyası da artır. Bu da elektrik keçiriciliyinin artmasına səbəb olur.

[1] *А.З. Абасова, Р.С.Мадатов, В.И. Стафеев*. Радиационно стимулированные процессы в халькогенидных структурах. Баку: Элм, 2010, 349 с.

[2] *G.I. Isakov, A.A. Ismailov, N.Z. Gasanov, P.G. Ismailova, A.A. Ismailov* Electrophysical properties of $In_{1-x}Sm_xSe$ crystals at different doses of γ-irradiation Polish journal of science 2024, № 71, p.43-49.

[3] *Г.Д. Гусейнов, Г.И. Искендеров, Э.Ф. Багирзаде, Э.М. Керимова.* Воздействие жестких излучений на монокристаллы InSe. Препринт № 3 ИФАН, 1984, с.16.

[4] *С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов, А.А. Исмаилов.* Перенос заряда по локализованным состояниям в монокристалле InSe и InSe<Sn>. Физика Низких Температур, 2010, т.36, № 7, с. 805-808.

[5] *A.A. Ismailov, N.Z. Gasanov, A.A. Ismailov, P.H. Ismailova, S.S. Abdinbekov, A.B. Magerramov, X.Sh. Velibekov*. Energe Spektrum of Levels $In_{1-x}Sm_xSe$ Crystals. Norwegian journal of development of the International Science. Physical Sciences. 2023, № 103,p.43-46

[6] *А.А. Исмаилов, Ш.Г. Гасымов, Т.С.Мамедов, К.Р. Аллахвердиев.* Влияние давления на электропроводность и эффект Холла в монокристаллах селенида индия. ФТП, 1992, т.26, №11, с.1995-1997.

[7] *E.M. Kerimova, N.Z.Gasanov, A.A.Ismaylov*. Electrical properties of solid solition $In_{1-x}Er_xSe$. GESJ:PHYSICS 2019, № 1(21),v.53-59.

[8] *A.A.Ismailov, N.Z.Gasanov, Z.M.Nazrullaeva, A.A.Ismailov.* Influence of γ-irradiation on the Elektrophysical of $In_{1-x}Sm_xSe$. American Journal of sosial and Humanitar Research. Global Rearch, Network, vol.3issue, 5-in may 2022, p.120-122.

[9] *Г.И. Исаков, А.А. Исмаилов, П.Г. Исмаилова, А.А. Исмаилов, С.С. Абдинбеков, Х.Ш. Велибеков, Т.Я. Оруджев*. Электрические свойства монокристаллов $In_{0.99}Sm_{0.01}Se$ и $In_{0.99}Er_{0.01}Se$ для солнечных элементов. Международный журнал, Альтернативная энергетика и экологии, 2022, № 6, с.36-43, Саров.

P.H. Ismayilova, A.A. Ismailov, A.A. Ismailov, X.Sh. Velibekov

ELECTRICAL PROPERTIES OF $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0,01; 0,03; 0,05; 0,07) AND $In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0,0001; 0,0003; 0,0005; 0,0007) CRYSTALS

$In_{1-x}Er_xSe$ (x=0; 0.0001; 0.0003; 0.0005; 0.0007) and $In_{1-x}Sm_xSe$ (x=0; 0.01; 0.03; 0.05; 0.07) at 294K temperature) the dependence of electrical properties on the composition of single crystals was investigated. As the amount of Er and Sm in single crystals increases, the concentration of charge carriers in equilibrium increases. This leads to a noticeable increase in electrical conductivity (3 designs).