

In_{0,99}Sm_{0,01}Se MONOKRİSTALLARINDA İNJEKSİYA CƏRƏYANIA.Ə. İSMAYİLOV**, Ə.Ə. İSMAYİLOV, P.H. İSMAYİLOVA,
X.Ş. VƏLİBƏYOV**-Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı-1143, H.Cavid pr.25.
Azərbaycan Elm və Təhsil Nazirliyinin Fizika İnstitutu

In_{0,99}Sm_{0,01}Se monokristallarının elektrikkeçiriciliyinin və volt-ampere xarakteristikasının temperatur asılılığı tədqiq edilmişdir. In_{0,99}Sm_{0,01}Se monokristallarında cərəyankeçiriciliyinin mexanizmi və aşağıdakı elektrik parametrləri müəyyən edilmişdir: tələlərin konsentrasiyası $N_t=5 \cdot 10^{11} \text{ sm}^{-3}$, tarazlıqda olan yükdaşıyıcıların konsentrasiyaları $p_0=10^{10} \text{ sm}^{-3}$, tutma əmsalı $\theta=0,12$, Omik sahədən kvadratik sahəyə keçid gərginliyi V_{1-2} , yükdaşıyıcıların yürüklüyü $\mu=1,17 \text{ sm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, tələlərin yerləşmə dərinliyi $E_t=0,46 \text{ eV}$. Müəyyən edilmişdir ki, In_{0,99}Sm_{0,01}Se monokristalları güclü kompensasiyaya malikdirlər.

Açar sözlər: tarazlıqda olan əsas yükdaşıyıcılar, tələlərin konsentrasiyaları, nadir torpaq elementləri, tutma əmsalı, tələlərin yerləşmə dərinliyi

PACS: 71.20.Nr Yarımkəçirici birləşmələr; 72.20.Fr Aşağı temperaturda nəqliyyat və hərəkətlik.

Giriş

Elektronikanın sürətli inkişafı yeni materiallar tələb edir. Məlumdur ki, indium selenid (metal xalkogen) kristallarının fiziki xassələri hərtərəfli öyrənilmişdir [1-5]. Bununla belə, xarici amillərin təsiri, məsələn, aşqarların daxil olması, γ -kvantlarla, elektron və monoxromatik olmayan işıq seli ilə şüalanma və s., ilə fiziki xassələrini tənzimləmək mümkündür. In_{0,99}Sm_{0,01}Se bərk məhlullarının monokristallarını almaq üçün nümunələr Brijmen üsulu ilə yetişdirilmişdir. Diferensial termik analiz (DTA) və rentgen faza analizi (RFA) analiz üsullarından istifadə etməklə, tədqiq olunan monokristalların qəfəs parametrləri $a=4,05 \text{ \AA}$, $c=16,93 \text{ \AA}$ və elementar qəfəs həcmi $V=240,44 \text{ \AA}^3$ müəyyən edilmişdir [6]. Elektrofiziki xassələri ölçmək üçün nümunələrdən sendviç-variant hazırlanmışdır. Kontakt materialı olaraq gümüş pastasından istifadə edilmişdir. Nümunənin qalınlığı 300mkm, kontakt altı sahə $2 \cdot 10^{-2} \text{ sm}^2$ olmuşdur.

Nadir torpaq elementləri yarımkəçiricilərdə az miqdarda həll olmaya, nəzarətdə olmayan defektlərin konsentrasiyalarını bərpa etməyə (təmizləmə) və bununla da yükdaşıyıcıların yürüklüyünün artması xassələrinə malikdir [7].

İşin məqsədi In_{0,99}Sm_{0,01}Se bərk məhlullarının monokristallarında cərəyankeçiriciliyinin mexanizmini müəyyən etmək və tələlərin elektrik parametrlərini müəyyən etməkdən ibarətdir.

Təcrübə və onun müzakirəsi

In_{0,99}Sm_{0,01}Se bərk məhlulları monokristallarının volt-ampere xarakteristikasının temperatur asılılığından (şəkil 1) alınan nəticələr həcmi yüklərlərin məhdudlanmış cərəyanı (HYMC) nəzəriyyəsi ilə izah edilmişdir.

$$I = \frac{9}{8} \epsilon \epsilon_0 \mu \theta \frac{V^2}{L^3}, \quad (1)$$

ϵ_0 —dielektrik sabiti; ϵ —kristalların dielektrik nüfuzluğu; θ —tutulma faktoru; L — nümunənin qalınlığı; μ — yükdaşıyıcıların yürüklüyü; V —verilən elektrik gərginliyi.

Tələlərin konsentrasiyası

$$N_t = 1,1 \cdot 10^6 \frac{\epsilon V_{\text{ttd}}}{L^2}, \quad (2)$$

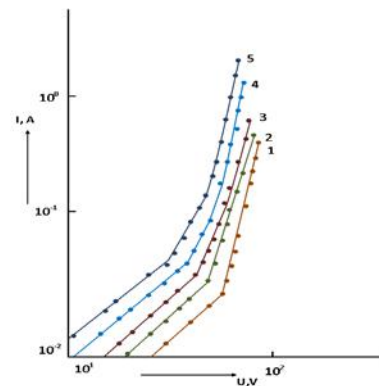
düsturu ilə hesablanmış və $N_t=5 \cdot 10^{11} \text{ sm}^{-3}$ olmuşdur. Tarazlıqda olan əsas yükdaşıyıcıların konsentrasiyası

$$p_0 = \frac{N_t \cdot I(V_{\text{ttd}})}{I(2V_{\text{ttd}})}, \quad (3)$$

düsturunun köməyi ilə hesablanmış və $p_0=10^{10} \text{ sm}^{-3}$ olmuşdur. In_{0,99}Sm_{0,01}Se monokristallik nümunəsi üçün 294K temperaturunda

$$\theta = 1,8 \cdot 10^{-6} \frac{p_0 L^2}{\epsilon V_x} \quad (4)$$

düsturu vasitəsi ilə tutulma əmsalının qiyməti müəyyən edilmişdir və $\theta=0,12$



Şəkil 1. Ag-In_{0,99}Sm_{0,01}Se-Ag sisteminin müxtəlif temperaturalarda volt-ampere xarakteristikası: (əyrlər 1-125, 2-137, 3-168, 4-208, 5-294)K.

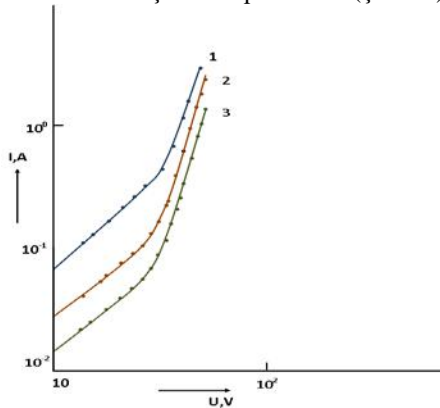
Yükdaşıyıcıların yürüklüyü hesablanmışdır:

$$\mu_0 = 1,17 \cdot 10^{-3} \text{ sm}^2/\text{V}\cdot\text{s}.$$

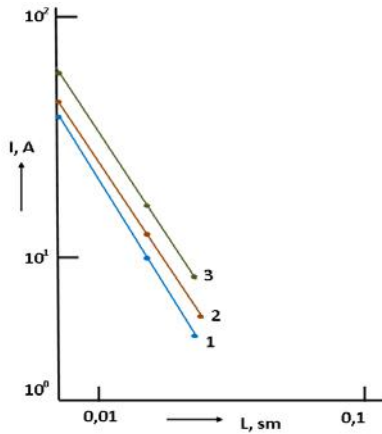
$$E_t = kT \ln \frac{N_p}{2\theta \cdot N_t}, \quad (5)$$

və tələ hallarının konsentrasiyası N_p bilərək (5) düsturunun köməyi ilə injeksiya cərəyanına uyğun olan tələlərin yerləşmə dərinliyi təyin edilmişdir: $E_t=0,46 \text{ eV}$.

In_{0,99}Sm_{0,01}Se monokristallarında HYMC rejiminin dürüstlüyünü bilmək üçün müxtəlif qalınlıqlarda 3 nümunənin VAX-nı çıxarmaq lazımdır (Şəkil 2).



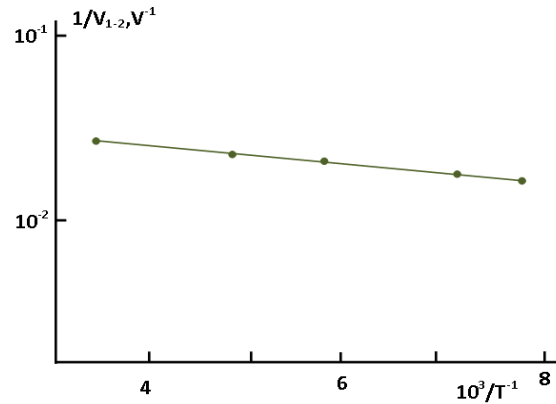
Şəkil 2. Ag-In_{0,99}Sm_{0,01}Se-Ag sisteminin müxtəlif qalınlıqlarda VAX-ları, L, mkm: 1 – 100; 2 – 200; 3 – 280. T = 293 K temperaturunda.



Şəkil 3. In_{0,99}Sm_{0,01}Se nümunəsində müxtəlif gərginliklərdə cərəyan sıxlığının nümunənin qalınlığından asılılığı U,V: əyri 1-36V, 2-40V, 3-48V.

Lampert nəzəriyyəsinə görə HYMC-da cərəyanın sıxlığı L^3 tərs qiyməti ilə mütənasib olmalıdır (şəkil 3).

[9]-cu işdə göstərilirdi kimi əgər omik zonadan kvadratik zonaya keçid gərginliyi V_{1-2} temperaturdan asılıdırsa onda güclü kompensasiya, əks halda zəif kompensə olunmuş yarımkeçiricidir (şək.4).



Şəkil 4. Omik zonadan kvadratik zonaya keçid gərginliyi V_{1-2} temperaturdan asılılığı.

Şəkil 4-ə əsasən In_{0,99}Sm_{0,01}Se monokristal güclü kompensasiyalı yarımkeçiricidir.

Nəticə

Beləliklə, müəyyən edilmişdir ki, In_{0,99}Sm_{0,01}Se monokristalında cərəyankeçiriciliyi mexanizmi HYMC-na əsaslanır və aşağıdakı elektrik parametrləri təyin edilmişdir: tələlərin konsentrasiyası $N_t=5 \cdot 10^{11} \text{sm}^{-3}$, tarazlıqda olan yükdaşıyıcıların konsentrasiyası $p_0=10^{10} \text{sm}^{-3}$, tutma əmsalı $\theta=0,12$, yükdaşıyıcıların yürüklüyü $\mu=1,17 \text{sm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$, lokal səviyyələrin yerləşmə dərinliyi $E_t=0,46 \text{eV}$. Eyni zamanda vüəyyən edilmişdir ki, In_{0,99}Sm_{0,01}Se monokristal güclü kompensasiyalıdır.

[1] A.A.Исмаилов, Ш.Г.Гасымов, Т.С.Мамедов, К.Р. Аллахвердиев. ФТП, 1992, т. 26, №11, с.1995-1997.
 [2] A.A. Ismailov, N.Z. Gasanov, Z.M. Nazrullaeva, A.A. Ismailov. Influence of γ -irradiation on the Electrophysical of In_{1-x}Sm_xSe American Journal of sosial and Humanitar Research. Global Research, Network, vol.3issue, 5-in may 2022, p.120-122.
 [3] A.A. Ismailov, N.Z. Gasanov, A.A. Ismailov, P.G. Ismailova, S.S. Abdinbekov, A.B. Maqerramov, X.Sh. Velibekov. Energy spectrum of local levels in In_{1-x}Sm_xSe crystals Norwegian Journal of development of the International Science N103, 2023, p. 4346.
 [4] G.I. Isakov, A.A. Ismailov, A.A. Ismailov, N.Z. Gasanov, P.G. Ismailova. Electrophysical properties of In_{1-x}Sm_xSe crystals at different

doses of γ -irradiation Polish journal of science 2024, № 71, p. 43-49.

[5] Г.И. Исаков, А.А. Исмаилов, А.А. Исмаилов, П.Г. 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 Международной журнал Альтернативная энергетика и экологии Нижний новгород, Саров т. 44, №6, 2022, с.36-43.
 [6] П.Г. Рустамов, А.О. Халилов, М.А. Алиджанов, М.О. Алиев. Исследование твердых растворов моноселенида самария в InSe. Неорганические материалы т. 14, №7, 1978, с.1261-1265.
 [7] Е.И. Ярембаи, А.А. Елиусеев. Халькогениды редкоземельных элементов. Синтез и кристаллохимия. М. : Наука, 1975, 258 с.

A.A. Ismailov, A.A. Ismailov, P.H. Ismayilova, K.Sh. Velibeyov
INJECTION CURRENTS IN LAYERED SINGLE CRYSTALS $\text{In}_{0.99}\text{Sm}_{0.01}\text{Se}$

The temperature dependence of electrical conductivity and current-voltage characteristics of $\text{In}_{0.99}\text{Sm}_{0.01}\text{Se}$ crystals were studied. The following electrical parameters were calculated: trap concentration $N_t=5 \cdot 10^{11}\text{cm}^{-3}$, equilibrium concentrations $p_0=10^{10}\text{cm}^{-3}$, trapping factor $\theta=0.12$, depth of monoenergetic levels, which is associated with the voltage of the V_{1-2} transition from the ohmic section to the "trap" quadratic $E_t=0.05\text{eV}$, charge carrier mobility $\mu=1.17\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$, depth of the local level responsible for the injection current $E_t=0.46\text{eV}$. It was found that strong compensation takes place in $\text{In}_{0.99}\text{Sm}_{0.01}\text{Se}$ single crystals.