

In_{1-x}Sm_xSe MONOKRİSTALLARINDA In ATOMLARININ Sm ATOMLARI İLƏ ƏVƏZ EDİLMƏSİNİN ELEKTRİK XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

Q.İ. İSAQOV, A.A. İSMAYILOV*, M.C. NƏCƏFZADƏ, V.I. EMINOVA,
A.A. İSMAYILOV, Ə.B. MƏHƏRRƏMOV

*Azərbaycan Elm və Təhsil Nazirliyinin Fizika İnstitutu,
Bakı-1143, H.Cavid pr. 131
gudrat.isakov@gmail.com*

** Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı-1073, H.Cavid pr. 25*

Müəyyən edilmişdir ki, 142-294K temperatur intervalında In_{1-x}Sm_xSe (x=0,01; 0,03; 0,05; 0,07) kristallarının elektrikkeçiriciliyi $\sigma = \sigma_0 e^{-\Delta E/KT}$ qanunu ilə dəyişir. In_{1-x}Sm_xSe monokristallarında In atomları Sm atomları ilə əvəz edildikcə, defekt mərkəzlərinin yerləşmə dərinliyi azalır. Göstərilmişdir ki, Holl əmsalı aşağı temperaturlarda temperaturdan asılı deyil, In_{1-x}Sm_xSe monokristallarında In atomları Sm atomları ilə əvəz edildikcə, Holl əmsalının qiyməti azalır və yükdaşıyıcıların konsentrasiyası artır.

Açar sözlər: In_{1-x}Sm_xSe, monokristalları, Holl əmsalı, yüklənmiş defekt mərkəzi, nadir torpaq elementləri, elektrik keçiriciliyi, təmizlənmə.

PACS: 71.20.Nr Yarımkəçirici birləşmələr; 72.20.Fr Aşağı temperaturlarda daşımalar və yürüklük.

GİRİŞ

A³B⁶ tipli yarımkəçiricilərdə kimyəvi birləşmələrin və onların elektron xassələrinin spesifikliyi valent elektronlarının qoşalaşmamış sayına görə yaranır. CaSe (InSe, CaTe) tipli belə tam valentli olmayan birləşmələr adətən laylı və zəncirvari quruluşda kristallaşır. Öz unikal xassələrinə görə bu kristallar günəş elementləri [1, 2], optik modulyatorlar [3, 4], rentgen detektorları [5, 6], nüvə reaktorlarında radioaktiv ölçmə cihazları [7], təzyiq vericiləri yaratmaq üçün əlverişlidir [8].

[9,10]-a görə, yarımkəçiriciləri nadir torpaq elementləri (NTE) ilə aşqarladıqda aşağı həllolma qabiliyyətinə və NTE materiallarda təmizlənmə qabiliyyətinə malik olur ki, bu da, aşqarlarının konsentrasiyasının azalması və yükdaşıyıcıların yürüklüyünün artması ilə əlaqədardır. Kristallarda indium atomlarının NTE-nin atomları ilə əvəz edildikdə donor tipli səviyyələrin yüksəlməsinə gətirir ki, bu da n –tip keçiriciliyin yaranmasına şərait yaradır. InSe-də In atomlarının koordinasiya ədədi 4, Se atomlarının koordinasiya ədədi isə 3-dür. Uyğun olaraq 4 koordinasiyalı In atomu 3 koordinasiyalı Se atomu ilə tetrayedrik əlaqə yaradır və 1 In atomu s²p elektronu əsasında sp³ hibridlənir [11,12]. Yuxarıda göstərilənlər indium və samarium selenidləri arasındakı

kimyəvi əlaqənin təbiətinin oxşar olduğu qənaətinə gəlməyə imkan verməklə yanaşı InSe və SmSe arasında bərk məhlulların əmələ gəlməsini müəyyənlədirməyə imkan verir.

TƏCRÜBƏ VƏ NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

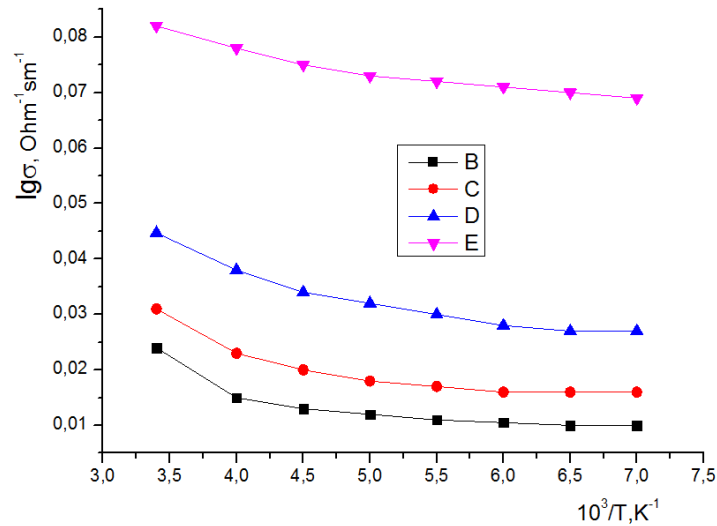
142-294K temperatur intervalında In_{1-x}Sm_xSe (x=0,01; 0,03; 0,05 və 0,07) kristallarının elektrik xassələrinin temperatur asılılığı tədqiq edilmişdir. Bu məqsədlə In-In 000, Se B-3 və Sm CM-1 markalı elementlərdən istifadə olunmuşdur. In, Sm, Se kimyəvi elementləri doğranılaraq, kvarts ampulaya doldurulmuş və 10⁻⁴ Pa təzyiqə qədər havası sorulmuşdur. Bundan sonra ampulanın ağzı lehimlənmişdir. Bunun üçün birbaşa sintez metodundan istifadə edilmişdir. In_{1-x}Sm_xSe (x=0,01;0,03 ; 0,05 və 0,07) monokristalları şaquli Bricmen üsulu ilə yetişdirilmişdir. Ampulanın sobada hərəkət sürəti 0,3 sm/saat olmuşdur. Yaranan kristallar DTA, RFA və mikromöhkəmlik ölçmələri ilə tədqiq edilmişdir. Omik kontaktlar olaraq gümüş pastasından istifadə edilmişdir. Kontaktlar nümunələrin əks səthlərində qarşı-qarşıya yerləşdirilmişdir. Nümunə paralelepiped şəklində və aşağıda göstərilən ölçüdə hazırlanmışdır 10x4x2mm³.

Cədvəl 1.

In_{1-x}Sm_xSe (x=0,01; 0,03; 0,05; 0,07) bərk məhlullarının bəzi xassələri

InSe mol. %	Qəfəs sabitləri Å		c/a	Elementar özəyin həcmi A ³	Koordinasiya ədədi Z	Sıxlıq ρ q/sm ⁻³
	a	c				
100	4,04	16,93	4,18	240,44	4	5,72
99	4,05	16,93	4,18	240,44	4	5,73
97	4,09	16,97	4,15	246,72	4	5,76
95	4,12	16,98	4,12	249,54	4	5,80
93	4,16	17,02	4,09	254,99	4	5,84

Onların elektrik xassələrinin temperatur asılılığı öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, bütün temperatur intervalında elektrikkeçiriciliyi eksponensial $\sigma = \sigma_0 e^{-\Delta E/KT}$ qanununa tabe olur.



Şəkil 1. Müxtəlif tərkibli In_{1-x}Sm_xSe monokristallarının elektrikkeçiriciliyinin temperatur asılılığı: əyri B- x=0,01; əyri C-x=0,03; əyri D-x=0,05 və əyri E-x=0,07.

Şəkil 1-dən göründüyü kimi In_{1-x}Sm_xSe kristallarının tərkibində Sm atomlarının miqdarı artdıqca, elektrikkeçiriciliyinin qiyməti artır. Hər bir tərkib üçün ayrılıqda samariumun yaratdığı defekt mərkəzlərinin yerləşmə dərinlikləri hesablanmış və cədvəl 2-də verilmişdir.

Cədvəl 2.

Defekt mərkəzlərinin yerləşmə dərinlikləri

Bərk məhlullar	Bərk məhlulların defekt mərkəzlərinin yerləşmə dərinlikləri, eV
In _{0,99} Sm _{0,01} Se	0,09
In _{0,97} Sm _{0,03} Se	0,03
In _{0,95} Sm _{0,05} Se	0,01
In _{0,93} Sm _{0,07} Se	0,01

In_{1-x}Sm_xSe monokristallarında In atomları Sm atomları ilə əvəz edildikcə, defekt mərkəzlərinin yerləşmə dərinliyi azalır.

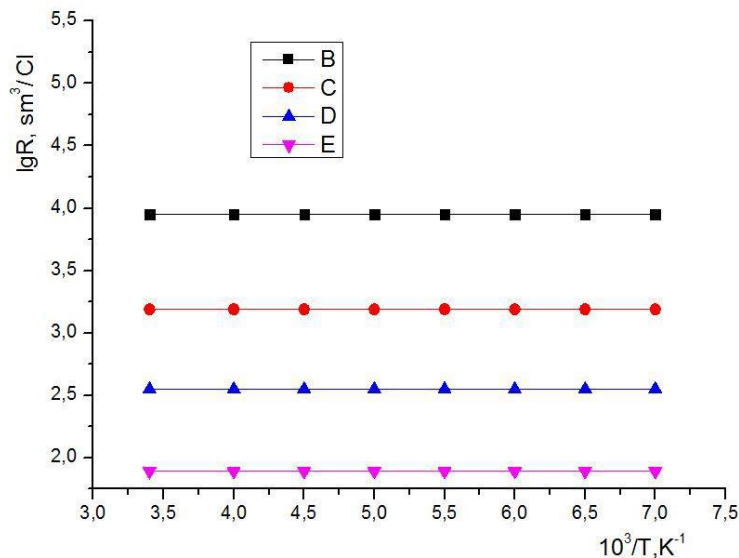
142-294K temperatur intervalında In_{1-x}Sm_xSe (x=0,01, 0,03, 0,05 və 0,07) kristallarının Holl əmsalı təcrübi olaraq müəyyən edilmişdir.

Cədvəl 3.

In_{1-x}Sm_xSe (x=0,01, 0,03, 0,05 və 0,07) yükdaşıyıcıların Holl əmsalı və konsentrasiyası

Kristallar	Holl əmsalı, sm ⁻³ /Kl	yükdaşıyıcıların konsentrasiyası, n sm ⁻³
InSe	6,25·10 ⁴	1·10 ¹⁴
In _{0,99} Sm _{0,01} Se	8,9·10 ³	7·10 ¹⁴
In _{0,97} Sm _{0,03} Se	1,56·10 ³	4·10 ¹⁵
In _{0,95} Sm _{0,05} Se	1,76·10 ²	1,76·10 ¹⁶
In _{0,93} Sm _{0,07} Se	7,8·10 ¹	8·10 ¹⁶

Bu cədvəldən görünür ki, In_{1-x}Sm_xSe monokristallarında In atomları Sm atomları ilə əvəz edildikcə, Holl əmsalının qiyməti azalır və yükdaşıyıcıların konsentrasiyası artır (şək.2).



Şəkil 2. Müxtəlif tərkibli In_{1-x}Sm_xSe monokristallarının Holl əmsalının temperatur asılılığı: B-x=0,01; C-x=0,03; D-x=0,05; E-x=0,07.

NƏTİCƏ

Müəyyən edilmişdir ki, 142-294K temperatur intervalında $In_{1-x}Sm_xSe$ ($x=0,01; 0,03; 0,05; 0,07$) kristallarının elektrik keçiriciliyi $\sigma=\sigma_0e^{-\Delta E/KT}$ qanunu ilə dəyişir. $In_{1-x}Sm_xSe$ monokristallarında In atomları Sm

atomları ilə əvəz edildikcə, defekt mərkəzlərinin yerləşmə dərinliyi azalır. Göstərilmişdir ki, Holl əmsalı aşağı temperaturlarda tərkibdən asılı olduğu halda temperaturdan asılı deyil. $In_{1-x}Sm_xSe$ monokristallarında In atomları Sm atomları ilə əvəz edildikcə, Holl əmsalının qiyməti azalır və yükdaşıyıcıların konsentrasiyası artır.

- [1] *A.Segura, J.P.Geusdon, J.M.Besson, A.Chevy.* Fotovoltaic effect in InSe. Application to solar energy conversion. "Rev.Phys. appl." 1979, t.14, N1, p.253
- [2] *A.Segura, J.P.Geusdon, J.M.Besson, A.Chevy.* Photoconductivity and fotovoltaic effect in indium selenide. J."Appl. Phys." 1983, t.54, N2, p.876
- [3] Детекторы оптического излучения на основе слоистых кристаллах GaSe и InSe. ЖТФ, 77, 2007, с.80-85.
- [4] *К.Х. Нагиев, В.М. Салманов.* Оптические модуляторы на основе кристаллов GaSe и InSe. Республиканская научная конференция «Актуальные проблемы физики», посвященная 90-летию БГУ. Баку, 16 мая 2009 г., стр.18.
- [5] *Г.Д.Гусейнов, Г.И. Искендеров, Е.М.Керимова.* Взаимодействие мягкого рентгеновского излучения с монокристаллами InSe.
- [6] *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, №4, с.394-397.
- [7] *С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов, А.А. Исмаилов.* Влияние γ -облучения на параметры локализованных состояний в монокристаллах р-InSe и n-InSe<Sn>. Физика Низких Температур 2010, т.36, №7, с.805-808.
- [8] *А.А. Исмаилов, Ш.Г. Гасымов, Т.С. Мамедов, К.Р.Аллахвердиев.* Влияние давления на электропроводность и эффект холла селенида индия ФТП, 1992, т.26, в.11, с.1994-1996.
- [9] *В.Ф. Мастеров, Л.Ф. Захаренков.* Редкоземельного элементы A^3B^5 . ФТП, 1990, т. 24 (4), с.610.
- [10] *Б.М. Гольцман, В.А. Кудинов, И.А. Смирнов.* Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3 (М., Наука, 1972).
- [11] Конфигурационная модель вещества, под ред. *Г.Б. Самсонова, И.Ф. Прядко, Л.Ф. Прядко.* (Киев, Наук. думка, 1975).
- [12] *В.Ю. Ирхин, Ю.П. Ирхин.* Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d-и f-металлах и их соединениях (М., Наука, 2011).

G. I. Isakov, A. A. Ismayilov, M.C. Nejezfzade, V.I. Eminova, A. A. Ismayilov, A.B. Maharramov

EFFECT OF REPLACING IN ATOMS WITH SM ATOMS IN $In_{1-x}Sm_xSe$ SINGLE CRYSTALS ON ELECTRICAL

It is shown that in the temperature range 142-294K the electrical conductivity of ($x=0.01; 0.03; 0.05; 0.07$) crystals changes according to the law $\sigma=\sigma_0e^{-\Delta E/KT}$. In $In_{1-x}Sm_xSe$ single crystals, when In atoms are replaced by Sm atoms, the depth of occurrence of defect centers decreases. At low temperatures, the Hall coefficient does not depend on temperature. As $In_{1-x}Sm_xSe$ single crystals are replaced by Sm atoms, the value of the Hall coefficient decreases, and the concentration of charge carriers increases properties.

Г.И. Исаков, А.А. Исмаилов, М.Дж. Наджафзаде, В.И. Эминова, А.А. Исмаилов, А.Б. Магеррамов

ВЛИЯНИЕ ЧАСТИЧНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ АТОМОВ In АТОМАМИ Sm В МОНОКРИСТАЛЛАХ InSe НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Показано, что в интервале температур 142-294K.электропроводность кристаллов $In_{1-x}Sm_xSe$ ($x=0,01; 0,03; 0,05; 0,07$) изменяется по закону $\sigma=\sigma_0e^{-\Delta E/KT}$. В монокристаллах $In_{1-x}Sm_xSe$ при замещении атомов In атомами Sm глубина залегания дефектных центров уменьшается. При низких температурах коэффициент Холла не зависит от температуры. По мере замещения монокристаллов $In_{1-x}Sm_xSe$ атомами Sm значение коэффициента Холла уменьшается, а концентрация носителей заряда увеличивается.