

UOT 621.315.592

İNJEKSİYA DİODLARINDA ELEKTROFİZİKİ PROSESLƏR .**İSAYEV A.İ., MEHDİYEVA S.İ., ƏKBƏROV H.K.,
CƏLİLOV N.Z., ƏLƏKBƏROV R.İ.***AMEA Fizika İnstitutu*

İşdə müxtəlif miqdarda (0.001÷1at%)samarium nadir torpaq elementi ilə aşqarlanmış $\text{Se}_{95}\text{As}_5$ – sisteminin volt amper xarakteristikası(VAX) ölçülmüşdür.Müəyyən olunmuşdur ki, konsentrasiyanın artması(0.001÷0.01)ilə əvvəlcə injeksiya kiçik gərginliklərdə,daha sonra (0.01÷1at%)isə böyük gərginliklərdə baş verir.

Son zamanlar nadir torpaq elementləri(NTE) ilə aşqarlanmış şüşəvari halko- genid yarımkeçirici (ŞHY) maddələrin elektrik xassələrinin tədqiqinə dair bir sıra işlər aparılmışdır .Bu onunla bağlıdır ki, ŞHY-maddələr praktiki baxımdan elektrik çeviricilərində və yaddaş qurğularında geniş tətbiq olunur. NTE-nin müxtəlif üzvü liqandlı kompleks birləşmələri ilə aşqarlanmış AsSe və AsS ŞHY maddələrinin nazik təbəqələrinin- [1] elektrik xassələrinin araşdırılması göstərir ki, aşqarın təsiri ilə bu maddələrin elektrik keçiriciliyinin aktivləşmə enerjisinin nəzərəcarpacaq səviyyədə azalması müşahidə olunur. Bu nəticə baxılan kompleks birləşmədə NTE-atomunu əhatə edən oksigen atomlarının maddənin quruluşuna olan təsiri ilə izah olunmuşdur. Digər tərəfdən [2] - işində müəyyən olunmuşdur ki, tərkibində oksigen olan NTE- nin kompleks birləşmələrinin As_2Se_3 - şüşəvari amorf təbəqələrinə daxil olunması həm xüsusi müqavimətin, həm də deşilmə elektrik sahəsinin dəyişməsinə səbəb olmuşdur. Aparılmış bir sıra tədqiqatlar[3] göstərir ki , ŞHY-maddələrin elektrik xassələrinin öyrənilməsi onların qadağan olunmuş zolağında olan lokallaşmış halların paylanmasını tədqiq etməyə imkan verir.[3]- işində As_2Se_3 - tərkibində injeksiya cərəyanlarının tədqiq olunması onda Fermi səviyyəsinə nisbətən simmetrik yerləşmiş iki qrup mono- energetik səviyyələrin olmasını təyin etməyə imkan vermişdir. Bloklanmış sıçrayışla artan keçiriciliyə malik silisium strukturlarında [4] volt - amper xarakteristikalarının (VAX) tədqiqi göstərmişdir ki, VAX –nın əsas formasını müəyyən edən injeksiya cərəyanları bu strukturlarda kontakt potensial baryerlərdən baş verən və Riçardson düsturu ilə müəyyən olunan termoelektron emissiya cərəyanları kimi izah oluna bilər. Baxılan işdə həmçinin injeksiya potensialını təyin edən ifadə dəqiq müəyyən olunmuşdur.İşin məqsədi samarium NTE -aşqarlarının Se-As ŞHY- sistemində həcmi yüklərlə məhdudlanmış injeksiya cərəyanlarına təsirini tədqiq etməkdən ibarətdir.

Təcrübənin metodikası və nümunələrin hazırlanması.

Sm-aşqarlı $\text{Se}_{95}\text{As}_5$ -tərkibinin sintezi 900°S -dən yuxarı temperaturda $\sim 10^{-4}$ Pa təz- yiqə qədər vakuumlu kvarts ampulalarda fırlanan sobada aparılmış və söndürülmüş soba rejimində soyutmaqla yerinə yetirilmişdir .Tədqiq olunan maddənin nazik təbəqələri 10^{-4} Pa təzyiqli vakuumda termik uçurma üsulu ilə alınmışdır . Ölçmələr $3\mu\text{m}$ -qalınlıqlı nümunələrdə aparılmış və kontaktlar sendviç struktura malik olmuşdur. İn –jeksiyaedici kontakt olaraq tellurdan istifadə olunmuş və həcmi yüklərlə məhdud- lanmış cərəyanlar stasionar rejimdə ölçülmüşdür.

Nəticələr və onların izahı:

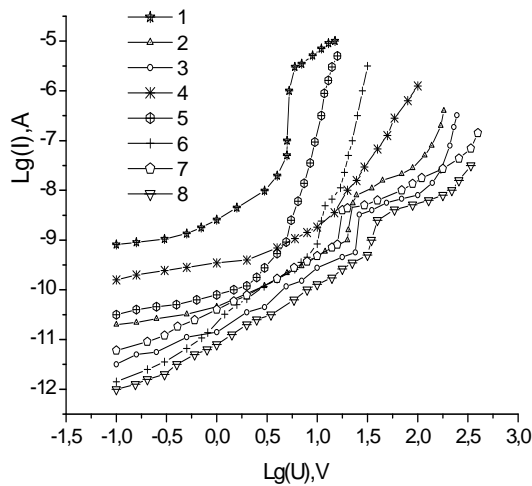
Şəkil1-də müxtəlif atom faiz miqdarında götürülmüş (0.001÷1at% Sm) samarium NTE-atomları ilə aşqarlanmış $\text{Se}_{95}\text{As}_5$ ŞHY-sisteminin volt amper xarakteristikası (VAX) təsvir olunmuşdur .Xarakteristikadan görüldüyü kimi əvvəlcə aşqarın kon -sentrasiyasının artması

ilə $(0.005 \div 0.01 \text{ at\% Sm})$ injeksiya cərəyanının qiyməti artır $(9 \cdot 10^{-7} \div 10^{-5} \text{ A})$ ki, burada əksinə olaraq injeksiyanın baş verdiyi gərginliyin qiyməti azalır $(17 \div 3 \text{ V})$. Konsentrasiyanın qiymətinin sonrakı artımı ilə, $(0.01 \div 1 \text{ at\% Sm})$ VAX-nın formasında yenidən əks mənzərə müşahidə olunur ki, bu isə injeksiya cərəyanının azalması və injeksiya gərginliyinin artması ilə özünü göstərir.

Bərk cisimlərdə həcmi yüklərlə məhdudlanmış injeksiya cərəyanları üçün Lampert nəzəriyyəsinə [5] görə məlumdur ki, yarımkeçiricidə əsas yükdaşıyıcıların kontaktından onun həcmi oblastına injeksiyası baş verdikdə onun müqavimətinin kiçilməsi baş verir. Ümumi şəkildə bu fakt Şəkil 1-də müxtəlif miqdarda aşqarlanmış nümunələr üçün gərginliyin müxtəlif qiymətlərində cərəyanın kəskin artması ilə öz əksini tapmışdır.

Məlumdur ki, ŞHY-maddənin qadağan olunmuş zolağında (əksər hallarda buna yürüklük aralığı da deyirlər) lokal səviyyələr mövcuddur. Bu lokal səviyyələr kontaktdan injeksiya edən əsas yükdaşıyıcılar üçün zəbt etmə mərkəzi rolunu oynayır. Ümumiyyətlə müxtəlif müəlliflər belə hesab edir ki, bu zəbt etmə mərkəzlərini aşqar atomları, defektlər (mənfi korrelyasiya enerjili, ikisəviyyəli sistemlər, dəyişən valentli cütlər) və digər faktorlar yarada bilər.

Qeyd edək ki, bu səviyyələr ŞHY maddənin qadağan olunmuş zolağında müxtəlif dərinliklərdə yerləşə bilər. Şəkil 1-dən görüldüyü kimi təmiz selenə 5 at\% arsen əlavə olunduqda injeksiya cərəyanının qiyməti kəskin azalır. Bu selenin qadağan olunmuş zolağında arsenin



Şəkil.1 Müxtəlif miqdarda samarium nadir torpaq elementi ilə aşqarlanmış $\text{Se}_{95}\text{As}_5$ ŞHY-sisteminin volt amper (VAX) xarakteristikası.
1-Se, 2- $\text{Se}_{95}\text{As}_5$, 3- $\text{Se}_{95}\text{As}_5\text{Sm}_{0.001}$
4- $\text{Se}_{95}\text{As}_5\text{Sm}_{0.005}$, 5- $\text{Se}_{95}\text{As}_5\text{Sm}_{0.01}$, 6- $\text{Se}_{95}\text{As}_5\text{Sm}_{0.1}$
7- $\text{Se}_{95}\text{As}_5\text{Sm}_{0.6}$, 8- $\text{Se}_{95}\text{As}_5\text{Sm}_1$

yaratdığı lokal zəbt etmə mərkəzlər vasitəsilə kontaktdan injeksiya edən əsas yükdaşıyıcıların zəbt olunması ilə izah oluna bilər. Lampert nəzəriyyəsinə [5] görə VAX-nın ümumi forması $I \sim U^n$ şəklində üstlü asılılığa malikdir. Doğrudanda Şəkil 1-də gərginliyin $U = 0.1 \div 10 \text{ v}$ intervalında təmiz selen və samarium aşqarının müxtəlif tərkibləri $(0.001 \text{ at\%}, 0.005 \text{ at\%}, 0.01 \text{ at\%}, 0.6 \text{ at\%}, 1 \text{ at\%})$ ilə aşqarlanmış $\text{Se}_{95}\text{As}_5$ - sistemi üçün n - aşağıdakı intervalda dəyişir $(0.2 \div 0.45)$. Asılılığın bu hissəsinin (omikdən aşağı, $n < 1$) olması [6] əsas yükdaşıyıcıların kontakt potensial baryerdən termoelektron emissiyası ilə izah oluna bilər. Kontakt potensial baryerin U_b - hündürlüyü isə, termoelektron emissiyası üçün Riçardson düsturundan aşağıdakı kimi tapılmışdır.

$$I_0 = AT^2 \exp(-qU_b / kT) \quad (1)$$

burada A - Riçardson sabitidir. Halkogenid şüşələr üçün $A \approx 480 \text{ A/sm}^2 \text{ k}^2$ -dir.

(1)-düsturundan və VAX-nın $n < 1$ olduğu hissədən U_b -nin hesablanmış qiyməti müxtəlif nümunələr üçün aşağıdakı intervalda dəyişir $(0.992 \div 1.155 \text{ eV})$. Təmiz selen üçün gərginliyin $u \approx 3, 16 \text{ v}$ qiymətindən başlayaraq cərəyanın kəskin artması müşahidə olunur ki, bu da $\text{Se}_{95}\text{As}_5$ - tərkibi üçün $u = 17.3 \text{ v}$ təşkil edir. Aşqarın konsentrasiyasının 0.01 at\% -ə kimi artması ilə gərginliyin bu qiyməti $u = 5 \text{ V}$ -a kimi azalır. Konsentrasiyanın sonrakı artımı ilə $(0.01 \div 1 \text{ at\%})$ cərəyanın kəskin artma oblastına keçid gərginliyin qiyməti də $u = 20.8 \text{ v}$ -a kimi artır. $\text{Se}_{95}\text{As}_5$ - tərkibinə vurulan

aşqarın atom faiz miqdarının artması ilə (0.001÷0.01at%) VAX-da injeksiya cərəyanının artması və gər -ginliyin kiçik qiymətlərində müşahidə olunması lokal aşqar səviyyələrinin arsenin hesabına yürüklük aralığında yaranan zəbt etmə mərkəzlərini kompensə etməsi ilə bağlıdır. Gərginliyin və konsentrasiyanın nisbətən böyük qiymətlərində injeksiyanın baş verməsinin mümkünlüyü isə əsasən samarium NTE –atomlarının $Se_{95}As_5$ ŞHS-nin yürüklük aralığında yaratdığı lokal zəbt etmə mərkəzləri ilə izah oluna bilər. VAX-da injeksiya cərəyanının kəskin artımına uyğun gələn gərginliyin U_x -qiymətlərini bilməklə [6] –dan istifadə edərək lokal səviyyələrin konsentrasiyasını aşağıdakı düsturla təyin etmək olar.

$$N_t = 1.1 \cdot 10^6 \frac{\varepsilon U_x}{L^2} \quad (2)$$

Burada ε -maddənin dielektrik nüfuzludur, L -isə elektrodlar arasındakı məsafədir.

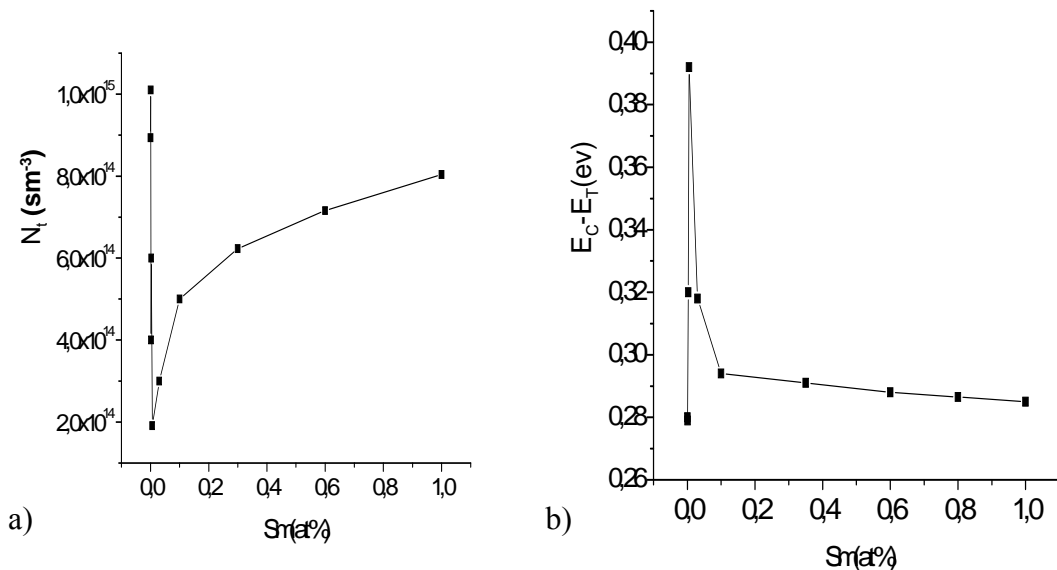
[8]-ə görə $Se_{95}As_5$ -üçün $\varepsilon=6.58$ -dir. Baxılan halda $L=3\mu\text{km}$ –dir.

(2)-dən alınan N_t -nin qiymətlərini aşağıdakı düsturda nəzərə almaqla lokal səviyyələrin aktivləşmə enerjisi təyin edilmişdir.

$$E_c - E_t = kT \cdot \ln \frac{N_c}{gN_t} \quad (3)$$

Burada $N_c=10^{20}$ və $g=2$ -dir.

Alınmış nəticələrdən istifadə etməklə N_t -nin və E_c-E_t -nin samarium aşqarının atom faiz miqdarından asılılıqları qurulmuşdur (Şəkil2(a,b)).



Şəkil2. $Se_{95}As_5$ ŞHY-sistemində lokal səviyyələrin konsentrasiyasının(a) və aktivləşmə enerjisinin(b) samarium aşqarının atom faiz miqdarından asılılığı.

Göründüyü kimi həm N_t -nin, həm də E_c-E_t -nin aşqarın atom faiz miqdarından asılılıqları ekstremumdan keçir. Bu isə müvafiq nümunələrin optik udulma ölçmələrindən [7] alınmış nəticələrin doğruluğunu sübut edir.

1. С. А. Козюхин. А. Р. Файрушин. Э. Н. Воронков . Свойства аморфных пленок халькогенидов мышьяка, модифицированных комплексными соединениями редкоземельных элементов. ФТП.2005.Том 39, вып8, 1012-1016;

- 2 . С. А. Козюхин, Н.А. Маркова, А. Р. Файрушин, Н.П. Кузьмина, Э. Н. Воронков Модифицирование Аморфных пленок халькогенидов мышьяка комплексными соединениями РЗЕ. Неорганические материалы. 2004 .Том 40. №8, с. 908-914.
3. Вакаров Б.С., Стыс. Л.Е., фойгель .М.Г., Цыбесков .Л. В., ФТП. ТОМ. 19. вып 5, с. 931-933, 1985. Исследование локализованных состояний в запрещенной зоне триселенида мышьяка методом инжекционных токов .
- 4 . Д.Г. Есаев., С. П. Сеница ., Инжекционные токи в кремниевых структурах с блокированной прыжковой проводимостью . ФТП. Том. 34. вып.10 с 1270-1274, 2000
- 5 . М .Ламперт., П. Марк., Инжекционные токи в твердых телах. “Мир” М . (1973)
- 6 . Э.Р. Воронков ., С.А. Козюхин., Е .И .Микерина .Электрические характеристики аморфных пленок As_2Se_3 содержащих кислород .Сборник трудов V Международной конференции. Санкт –Петербург .издательство .СПбГПУ . 2006.
- 7 .А .И. Исаев, С.И. Мехтиева, Н.З. Джалилов, Р.И. Алекперов, В.З. Зейналов. Оптические свойства халькогенидных стеклообразных полупроводников системы Se-As содержащих примеси редкоземельных атомов самария., АМЕА-nin Хəбərləri . Fizika – riyaziyyat və texnika elmləri seriyası, fizika və astronomiya 2006, №2, с. 72-78

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССЫ В ИНЖЕКЦИОННЫХ ДИОДАХ

**ИСАЕВ А.И., МЕХТИЕВА С.И., АКБЕРОВ Г.К.,
ДЖАЛИЛОВ Н.З., АЛЕКПЕРОВ Р.И.**

В работе рассмотрена ВАХ- инжекционных диодов для различных концентраций редкоземельного элемента самария (0.001÷1at%) Установлено что, в интервалах концентраций (0.001÷0.01) инжекция наблюдается при низких напряжениях а в интервале (0.01÷1at%) при высоких .

ELECTROPHYSICAL PROCESSES IN INJECTION DIODES

**ISAYEV A.I., MEKHTIYEVA S.I., AKBEROV H.K.,
JALILOV N.Z., ALEKPEROV R.I.**

This papers deals with VAC of injection diodes for variable concentration of rare-earth element Sm (0.001÷1at%). It is established that in concentration range (0.001÷0.01) injection is observed at low voltages ,and in concentration range (0.01÷1at%) injection is observed at high ones