

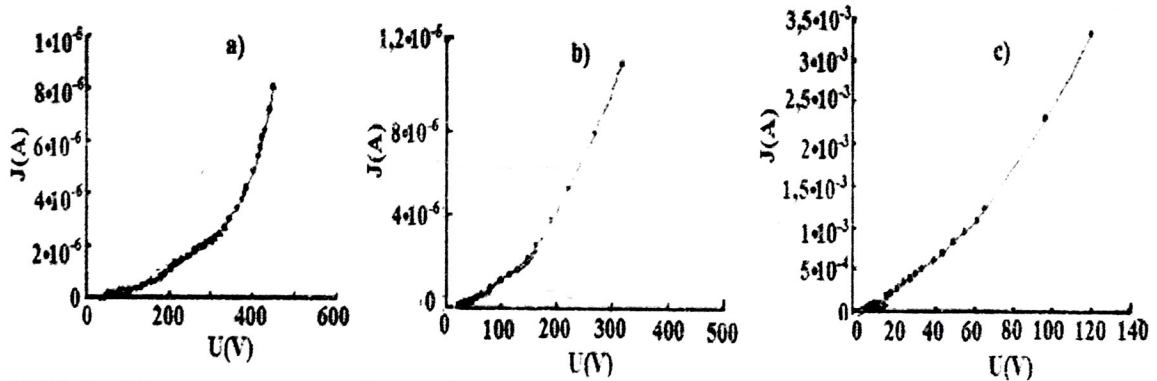
A. P. ABDULLAYEV, f.r.e.d.; S. F. OSMANOV, f.r.e.n.; T. İ. İSMAYILOV,
A. C. MƏNSİMOV, texnika e.n.

Heydər Əliyev adına AAHM, AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutu

TİS MONOKRİSTALINDA İNJEKSİYA CƏRƏYANININ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Məqalədə TİS monokristalının 200-300 K temperatur intervalında volt-ampere xarakteristikaları və elektrik sahə intensivliyinin $E < 300$ V/sm qiymətlərində cərəyanın keçmə mexanizmi həcmi yüklər hesabına baş verdiyi tədqiq olunmuşdur.

A^3B^6 qruplu birləşmələr sinfinə məxsus TİS yarımkəçirici birləşməsində injeksiya cərəyanının xüsusiyyətləri araşdırılmışdır [1]. Bunun üçün kristallardan düzbucaqlı paralelopiped şəkilli nümunələr hazırlanaraq onların səthini cilalamaqla hamar şəkllə gətirdikdən sonra kristalloqrafik "c" oxuna paralel olan səthlərinə gümüş pastası çəkilərək omik kontaktlar yaradılmışdır. Hər bir səthdəki elektrodun sahəsi $0,172 \text{ sm}^2$, elektrodlar arasındakı məsafə isə $\sim 0,15$ sm olmuşdur. Nümunələrin volt-ampere xarakteristikası (VAX) 205-300 K temperatur intervalında və xarici elektrik sahəsinin $0-3500$ V/cm qiymətində tədqiq olunmuşdur (bax şəkilə).



TİS kristallarının temperaturdan asılı volt-ampere xarakteristikaları: a-205; b-232; c-300K

Şəkildən görüldüyü kimi, müxtəlif temperaturlarda (205-300K) tədqiq olunan nümunələrin hər birində elektrik sahəsinin $0-3500$ V/sm qiymətlərində VAX -da xətti (omik hissə) və qeyri-xətti ($I \sim U^n$, $n=1-2$) hissələr mövcuddur. Elektrik sahəsinin təsiri ilə bərk cisimlərdə yaranan injeksiya cərəyanları üçün Lampert nəzəriyyəsinə [2] əsasən $I(U)$ asılılığında müşahidə olunan omik hissə

$$J = en\mu U/H \quad (1)$$

qeyri omik hissə isə

$$J = e\theta\epsilon\epsilon_0\mu \frac{U^2}{H^3} \quad (2)$$

ifadələrindən istifadə edilməklə hesablanabilir.

Burada j - cərəyan sıxlığı;

e - elementar yük;

n - sərbəst elektronların tarazlıq halındakı (cərəyan olmayan haldakı) konsentrasiyası,

μ - cərəyan daşıyıcılarının yürüklüyü;

U - gərginlik, $H = 0,15$ sm - nümunənin qalınlığı (elektrodlar arasındakı məsafə);

$\epsilon_0 \approx 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m - elektrik sabiti,
 \mathcal{E} - materialın dielektrik nüfuzluğu;
 θ - tələlərin dolma dərəcəsidir.

VAX - da omik hissədən qeyri omik hissəyə keçid gərginliyi (bax şəkilə) temperaturun artması ilə dəyişərək $U_{keç} = 44-167$ V intervalında dəyişir. Bu yükdaşıyıcıların "tələli" hissəyə keçid gərginliyidir ki, injeksiya cərəyanları nəzəriyyəsinə əsasən [2] cərəyanın kəskin artmağa başladığı halın (J_1) əvvəlindəki cərəyan sıxlığını və kəskin artma hissəsinin sonundakı cərəyan (J_2) sıxlığını bilməklə

$$\theta = \frac{J_1}{J_2} \quad (3)$$

ifadəsindən istifadə etməklə tələlərin dolma dərəcəsinin (θ) hesablaması mümkündür.

Injeksiya cərəyanları nəzəriyyəsinə görə kontaktdan yükdaşıyıcıların kristala injeksiya etməsi üçün vacib şərtlərdən biri tutma əmsali $\theta < 1$ şərtini ödəməlidir.

θ - tutma dərəcəsinin qiyməti nümunədə vahiddən kiçik olmaqla yanaşı temperaturun artması ilə artır ki (cədvəl 1), bu da TIS yarımkeçirici birləşməsinin VAX - da monopolyar injeksiyanın mövcudluğu ilə bağlıdır.

Tədqiqat aparmaq üçün hazırlanmış nümunələrdə gümüş kontaktdan istifadə olunduğundan demək olar ki, yaranan injeksiya cərəyanı elektronların hesabına yaranır.

θ - tutma dərəcəsinin qiymətini bilməklə Lambert nəzəriyyəsi ilə $(U_k = \frac{L^2 e n_0}{\theta \epsilon \epsilon_0})$

ifadəsindən istifadə etməklə tarazlıq halında sərbəst elektronların (keçiricilik elektronlarının) konsentrasiyasını (n_0), (1) ifadəsindən isə cərəyan daşıyıcılarının yüklüklüyünü (μ) hesablaması olar. Yürtlük üçün otaq temperaturunda $\mu = 0,2 \text{ sm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ san}^{-1}$ (omik oblast üçün), qiyməti alınmışdır. Müxtəlif temperaturalarda TIS kristalının parametrlərinin hesablanmış qiymətləri cədvəldə verilmişdir.

TIS kristalının parametrlərinin qiymətləri

T(K)	θ	$n_0 (\text{sm}^{-3})$	$\mu (\text{sm}^2 \text{V}^{-1} \text{san}^{-1})$	$U_{kr}(V)$
205	0,350	$1,3 \cdot 10^{11}$	0,05	167
232	0,358	$6,2 \cdot 10^{10}$	0,22	65,5
300	0,37	$1,5 \cdot 10^{11}$	10,8	44

Omik hissə onunla bağlıdır ki, kontaktdan nümunəyə injeksiya olunan yüklər [3, 4] nümunənin daxilində mövcud olan tələlər tərəfindən tutulması nəticəsində kristal daxilində özlərinin həcmi yüklər oblastını yaradır ki, belə yüklü oblastların yaratdığı elektrik sahəsi, əvvəlki elektrik sahəsinin əksinə yönəldiyindən kontaktından nümunəyə olan injeksiya prosesinin qarşısını almağa yönəlir, yəni yüklü hissəciyin hərəkətinə mane olur [5, 6].

Lambert nəzəriyyəsinə əsasən injeksiya cərəyanının müşahidə olunduğu TIS kristalının volt-ampere xarakteristikasında omik oblastla cərəyanın kəskin artdığı hissəsi arasında kvadratik oblast yerləşir. Təcrübədən alınan nəticələrə əsasən demək olar ki, keçid gərginliyinin qiyməti temperaturun $T=300$ K qiymətində $U_{keç} = 30-60$ V gərginlik intervalında dəyişdiyi halda aşağı temperaturalarda bu qiymət yüksək gərginlik oblastına tərəf sürüşür ($T=205$ K-də $U_{keç} = 333$ V, $T=232$ K-də $U_{keç} = 333$ V). Bu hal həm tələlərin konsentrasiyası həm də termodinamik istilik tarazlığında olan yükdaşıyıcıların konsentrasiyasından asılı olduğundan demək olar ki, temperaturun artması ilə yükdaşıyıcıların konsentrasiyası artır və nəticədə cərəyan artır. Xarici elektrik sahənin təsiri nəticəsində lokal səviyyələrin ionlaşması səbəbindən cərəyan şiddətinin artması baş verir.

Nümunələrin VAX-da omik hissənin artması müşahidə edilir, bunu da, yükdaşıyıcıların tələlər tərəfindən tutulması ilə bağlı olan proses ilə əlaqələndirmək olar. Təcrübə nəticələrinə əsasən

demək olar ki, TIS monokristalında qadağan olunmuş zonada yerləşən dayaz və dərin səviyyəli lokal səviyyələr mövcuddur ki, onların dolub-boşalma sürəti xarici elektrik sahəsindən asılı olduğundan monopolyar injeksiya şərti və səviyyələrin ionlaşması baş verir. Lokal səviyyələrin yaranması TIS kristalının sintez olunub yetişdirilməsi zamanı nəzarət edilə bilməyən qarışıqların olması ilə əlaqədardır.

Aşkar edilmişdir ki, müxtəlif temperaturlarda və elektrik sahə intensivliyinin $E < 300$ V/sm qiymətlərində TIS kristalının VAX-sı Lampert nəzəriyyəsinə tabe olur. Cərəyanın həcmi yüklər hesabına keçmə mexanizmi və tutma əmsalının temperatur asılılığı müəyyən edilmişdir.

NƏTİCƏ

Müxtəlif temperaturlarda və elektrik sahə intensivliyinin $E < 300$ V/sm qiymətlərində TIS kristalının VAX-sı Lampert nəzəriyyəsinə tabe olur. Cərəyanın həcmi yüklər hesabına keçmə mexanizmi və tutma əmsalının temperaturdan asılılığı müəyyən edilmişdir.

ƏDƏBİYYAT

1. Kasida S., Nakamura K. An X-Ray Study of the Polimorphism in Thallium Monosulfide: The structure of Two Tetragonal Forms. *J. Solid State Chemistry.*, 110, (1994), 264-269.
2. Ламперт М.А. Инжекционные токи в твердых телах: М.: Мир, 1973. 385 с.
3. Лебедев Э.А., Козюхин С.А., Константинова Н.Н., Казакова Л.П. Проводимость слоев халькогенидного стеклообразного полупроводника $Ge_2Sb_2Te_5$ в сильных электрических полях // ФТП, 2009. т. 43. № 10. С.1383-1387.
4. Мустафаева С.Н., Керимова Э.М., Гасанов Н.З. Перенос заряда в $TlInS_2$ $TlFeSe_2$ // ФТП, 2001. т. 43. №3. С.427 - 430.
5. Тагиев О.Б., Гашимова Т.Ш., Аскеров И.М. Исследование влияния сильного электрического поля на электропроводность монокристалла $MnGaInS_4:Eu$ // ФТП, 1998. т. 32. № 6. С. 701-702.
6. Тагиев Б.Г., Тагиев О.Б., Мусаева Н.Н. Инжекция и полевая ионизация ловушек в монокристаллах $MnGa_2Se_4$.// ФТП, 1995. т. 29. С.1403-1410.