

YÜKSƏK TEMPERATURLU γ -KVANTLARLA ŞÜALANMANIN
 $Cd_xHg_{1-x}Te$ MONOKRİSTALININ
 ELEKTRİK KEÇİRİCİLİYİNƏ TƏSİRİ

Y.Q.NURULLAYEV, V.H.SƏFƏROV, S.K.NOVRUZOVA

Bakı Dövlət Universiteti

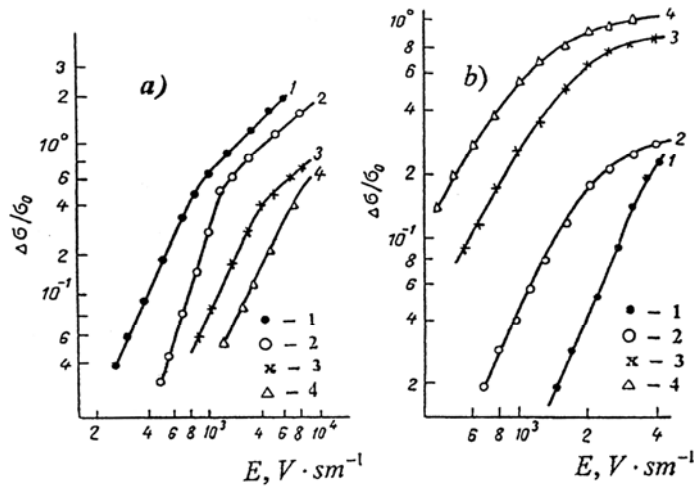
yusifnq@mail.ru

İşdə $0,25 \leq x \leq 0,95$ tərkibli $Cd_xHg_{1-x}Te$ bərk məhlul kristalının elektrik keçiriciliyinə yüksək temperaturlu γ – kvantlarla şüalanma və güclü elektrik sahəsinin təsirinə baxılmışdır. Aparılan tədqiqat nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, elektrik sahəsinin müəyyən kritik qiymətindən sonra həm şüalanmamış və həm də şüalanmış $Cd_xHg_{1-x}Te$ kristalında elektrik keçiriciliyinin nisbi dəyişməsi sahə intensivliyindən üstlü funksiya şəklində asılı olur. Bütün hallarda bu asılılıq $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \approx E^r$ kimi ifadə olunur. Şüalanmamış və γ – kvantlarla şüalanmış kristallar üçün baxılan bütün hallarda keçiriciliyin nisbi dəyişməsi $\left[\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_0 - \left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_\gamma \right]$ xarici elektrik sahəsi (E), temperatur (T) və şüalanma dərəcəsi (D_γ) asılıdır.

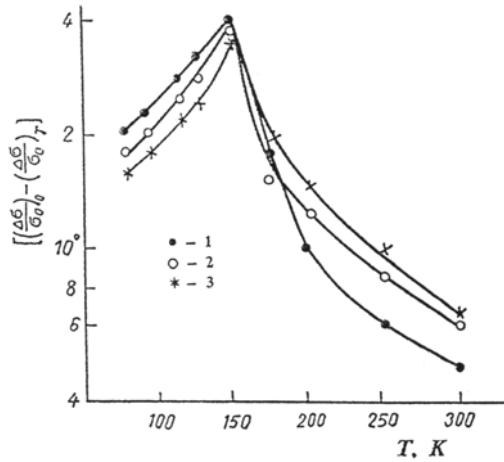
$Cd_xHg_{1-x}Te$ kristallarının praktik tətbiq sahələrinin tələblərinə uyğun olaraq onların fiziki xassələrinə müxtəlif xarici amillərin, o cümlədən radiasiya şüalanmalarının təsiri kifayət qədər ətraflı öyrənilməmişdir. Ona görə də həmin kristalın elektrik xassələrinin radioaktiv şüalanmadan əvvəl və sonra ətraflı öyrənilməsi həm elmi və həm də praktik əhəmiyyətə malikdir. Bu kristalların elektrik xassələrinə radiasiyanın təsirinin kompleks tədqiqi zamanı alınmış nəticələr, ümumiyyətlə, bərk cisimlərdə radiasiyanın elektron proseslərinə təsirini öyrənməyə də kömək edə bilər. Məhz buna görə də $Cd_xHg_{1-x}Te$ ($0,20 \leq x \leq 0,95$) kristalının elektrik keçiriciliyinin mexanizminə qamma-şüalanmanın təsirinin öyrənilməsi öz aktuallığını həmişə saxlayır və müxtəlif radiasiya defektləri olan kristallarda elektron hadisələrinin həm zəif, həm də güclü elektrik sahələrində öyrənilməsi çox aktualdır.

$Cd_xHg_{1-x}Te$ kristallarının elektrofiziki xassələrinin tədqiqindən müəyyən olunmuşdur ki, n -tip kristallarda γ -şüalanmadan sonra elektrik keçiricilik azalır və keçiriciliyin nisbi dəyişməsi $\Delta\sigma/\sigma_0$ sahə intensivliyindən üstlü funksiya şəklində asılı olur. Şəkil 1-də müxtəlif

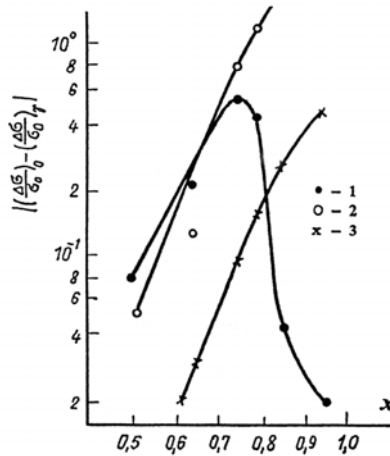
tərkibli n - və p -tip $Cd_xHg_{1-x}Te$ kristalı üçün 77 K temperaturda $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \approx f(E)$ asılılıqları verilmişdir. Şəkindəki asılılıqdan görünür ki, nümunələrin tərkibindən asılı olaraq müəyyən temperaturda $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \approx f(E)$ - nin asılılıq dərəcəsi qızdırıcı elektrik sahəsindən kəskin asılı olub həm şüalanmış, həm də şüalanmamış nümunələr üçün $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \approx f(E)$ asılılığı üstlü funksiya şəklində dəyişir. Şüalanma dozasının $D_\gamma \leq 10^7\text{ rad}$ qiymətlərində, nisbətən aşağı temperatur və alçaq elektrik sahələrində funksiyanın asılılıq dərəcəsi onun ilkin qiymətindən böyük olur. Şüalanma dərəcəsinin artması ilə r kəmiyyəti artır, sonra isə tədricən azalır. Müxtəlif tərkibli $Cd_xHg_{1-x}Te$ nümunələri üçün funksiyanın r - asılılıq dərəcəsi fərqlənir. Elektrik sahəsinin və temperaturun daha yüksək qiymətlərində şüalanmış və şüalanmamış nümunələr üçün $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \approx f(E)$ asılılığında cüzi fərq müşahidə olunur. Şüalanma dozasının $D_\gamma \approx 4 \cdot 10^8\text{ rad}$ qiymətlərində şüalanmış nümunələr üçün kifayət qədər yuxarı temperatur və elektrik sahələrində şüalanmadan sonra keçiriciliyin nisbi dəyişməsi $\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0}\right)_\gamma$ şüalanmamış haldakından böyük olur, amma onların sahə intensivliyindən asılılıq formaları təqribən bir-birinə uyğun olur.



Шякил 1. Əvvəlcədən şüalandırılmamış n - $Cd_xHg_{1-x}Te$ (a) və p - $Cd_xHg_{1-x}Te$ (b) kristallar üçün elektrikeçiriciliyinin nisbi dəyişməsinin elektrik sahə intensivliyindən $\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} = f(E)\right)$ asılılığı. x : 1 – 0,50; 2 – 0,65; 3 – 0,82; 4 – 0,94. $T = 77\text{ K}$.



Шякил 2. $n\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ (1, 3 əyriləri) və $p\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ (2 əyrisi) kristallarında müxtəlif şəraitlərdə $\left[\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right) - \left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_\gamma \right] = f(T)$ asılılığı. D_γ , rad $1,2-4 \cdot 10^8$; $3-10^9$.
 $E, V \cdot sm^{-1}$: $1,2-4 \cdot 10^3$; $3-7 \cdot 10^2$. $x=0,82$.



Шякил 3. $n\text{-Cd}_{0,94}\text{Hg}_{0,06}\text{Te}$ (1, 2 əyriləri) və $p\text{-Cd}_{0,82}\text{Hg}_{0,18}\text{Te}$ (3 əyrisi) kristallarında müxtəlif şəraitlərdə $\left[\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right) - \left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_\gamma \right] = f(x)$ asılılığı. $E, V \cdot sm^{-1}$: $1,2-4 \cdot 10^3$; $3-7 \cdot 10^2$.
 $D_\gamma = 4 \cdot 10^8 rad$, $T = 77 K$.

Müəyyən olunmuşdur ki, D_γ – şüalanma dərəcəsinin artması ilə öyrənilən kristallarda $\Delta\sigma$ –nın relaksasiya sürəti də dəyişir. Məsələn, n – tip $Cd_xHg_{1-x}Te$ kristallarında şüalanma dozası $10^5 R$ –dən $5 \cdot 10^6 R$ –ə qədər dəyişdikdə, $\Delta\sigma$ –nın relaksasiya müddəti əvvəlcə zəif, daha sonra isə sürətlə artır. Aşkar olunmuşdur ki, eyni bir nümunə üçün şüalanma

dozasının müəyyən qiymətində $\Delta\sigma$ -nın relaksasiya sürəti, həmçinin elektrik sahəsinin intensivliyindən və temperaturdan asılı olur və onların artması ilə artır. Amma p -tip $Cd_xHg_{1-x}Te$ kristallarında isə tamamilə fərqli hal müşahidə olunur. Belə ki, p -tip $Cd_xHg_{1-x}Te$ kristalında sahə intensivliyi və temperaturun nisbətən aşağı qiymətlərində $\Delta\sigma$ -nın relaksasiya sürəti asta xarakterlidir. Müəyyən olunub ki, tədqiq olunan nümunələr $\approx 10^5 \div 10^7 \text{ rad}$ dozalı γ -şüaları ilə şüalandırıldıqda relaksasiya müddəti cüzi artır. $Cd_xHg_{1-x}Te$ birləşməsinin tərkibindəki $CdTe$ -un artımı həm γ -şüalanmanın elektrikkeçiriciliyinə, həm də $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0}$ -nin xa-

rici elektrik sahəsinin intensivliyindən asılılığına kəskin təsir edir. Sahə intensivliyi və şüalanma dərəcəsinin müəyyən qiymətində $\left[\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_0 - \left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_\gamma \right]$ kəmiyyəti temperaturdan monoton asılı olmayıb,

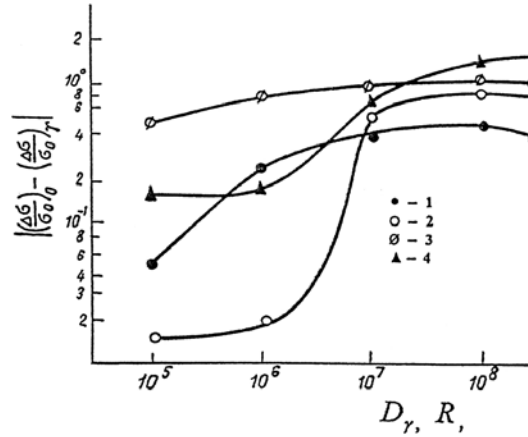
$T \leq 150 \text{ K}$ intervalında tədricən artır, sonra isə $T > 150 \text{ K}$ intervalında azalır (şəkil 2). Şəkil 3-də azot temperaturunda tədqiq olunan nümunələr üçün keçiriciliyin nisbi dəyişməsinin kristalın tərkibindən (X -dən) asılılıq qrafikləri verilmişdir. Şəkildən görünür ki, şüalanma dozasının

$D_\gamma = 4 \cdot 10^8 \text{ rad}$ qiymətində və kifayət qədər güclü ($E \geq 10^3 \text{ V} \cdot \text{sm}^{-1}$) elektrik sahəsində p -tip kristallarda tərkibin $x = 0,50 \div 0,95$ intervalda dəyişməsi ilə keçiriciliyin nisbi dəyişməsi təqribən 40 dəfə artır. Həmçinin uyğun şəraitdə elektrik sahəsinin $E > 3 \cdot 10^8 \text{ V} \cdot \text{sm}$ qiymətlərində belə asılılıq n -tip kristallar üçün də müşahidə olunur. Təcrübədə müəyyən olunmuşdur ki, sahə intensivliyi çox da yüksək olmayan elektrik sahələrində n -tip kristallarda $\left[\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_0 - \left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_\gamma \right] = f(x)$ asılılığının dəyişməsi

monoton olmayıb, x -in artması ilə əvvəlcə ($x \approx 0,70$) artır (≈ 10 dəfə), sonra isə ($x \approx 0,70 \div 0,95$ intervalında) (≈ 30 dəfə) azalır. Şəkil 4-də maye azot temperaturunda hər iki qrup (n - və p -tip) $Cd_xHg_{1-x}Te$ kristalları üçün müxtəlif intensivlikli ifrat yüksək tezlikli elektrik sahələri üçün $\left[\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_0 - \left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_\gamma \right] = f(D_\gamma)$ asılılığı verilmişdir. Müəyyən olunmuşdur ki,

hər iki tip nümunələr üçün şüalanma dozasının $\approx 10^7 \text{ rad}$ qiymətinə qədər artması ilə $\left[\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_0 - \left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_\gamma \right]$ kəmiyyəti əvvəlcə artır, sonra ya azalır, ya da dəyişməz qalır. Elektrik sahəsinin intensivliyinin daha yüksək qiymətlərində və zəif γ -şüalanmalarda isə $\left[\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_0 - \left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_\gamma \right]$ kəmiyyəti şüalanma dərəcəsinə asılı olmur, D_γ -nin artımı ilə bu kəmiyyət əvvəlcə

kəskin artır, daha yüksək şüalanma dozalarında isə asılılıq zəifləyir.



Şякил 4. Müxtəlif intensivlikli elektrik sahələrində $n\text{-Cd}_{0,94}\text{Hg}_{0,06}\text{Te}$ (1, 2 əyriləri) və $p\text{-Cd}_{0,82}\text{Hg}_{0,18}\text{Te}$ (3, 4 əyriləri) kristallarında $\left[\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right) - \left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_\gamma \right]$ -nin γ – kvantların şüalanma dozasından asılılığı. $E, V \cdot \text{sm}^{-1}$: 1, 3 – 10^3 ; 2, 4 – $4 \cdot 10^3$. $T=77 \text{ K}$.

Tədqiq olunan $p\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ kristallarında müəyyən olunmuşdur ki, $|\Delta\sigma|$ -nin relaksasiya müddəti temperaturun və sahə intensivliyinin yüksəlməsi ilə azalır. Tədqiqatlar göstərir ki, relaksasiya müddəti həm temperaturun, həm də qızdırıcı elektrik sahə intensivliyinin artması ilə azalır. Nisbətən zəif qızdırıcı elektrik sahələrində isə sahə intensivliyinin artması ilə $|\Delta\sigma|$ -nin relaksasiya müddəti artır. X – in baxılan qiymətlərində $p\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ kristallarında da şüalanmaya qədər $|\Delta\sigma|$ -nin relaksasiyası sürətli (ətalətsiz) olur.

Elektrik sahəsinin baxılan bütün qiymətlərində $n\text{-Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ kristallarında şüalanma dozasının artması hesabına həm alçaq, həm də yüksək temperatur intervallarında $\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right|$ kəmiyyəti başlanğıc qiymətə nəzərə alınmaz. Amma asılılığın alçaq temperatur hissəsindəki azalması yüksək temperaturlu hissəyə nisbətən daha böyük olur. Şüalanma dozasının bütün baxılan qiymətlərində və sahənin kifayət qədər yüksək sahə intensivliklərində asılılığın yüksək temperaturlu hissəsinə uyğun $\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right|$ kəmiyyəti temperaturun artması ilə xətti qanunla artır. $\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right| = f(T)$ asılılığının yüksək temperaturlu hissəsində keçiriciliyin nisbi dəyişməsi

temperaturdan asılı olaraq $\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right| \approx T^{-1}$ qanunu ilə azalır. Alçaq temperaturlarda isə göstərilən asılılıq daha kəskin xarakter alır və bu asılılıq aşağı temperaturlarda $\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right| \approx T^r$ qanunu ilə dəyişir (haradakı $r > 1$). Amma elektrik sahəsinin intensivliyi $E = 7 \cdot 10^2 \text{ V} \cdot \text{sm}^{-1}$ qiymətinə qədər azaldıqda asılılıq dərəcəsi $r \approx 3$ olur.

$p - Cd_xHg_{1-x}Te$ kristallarında bütün baxılan hallarda temperaturun yüksəlməsi ilə keçiriciliyin nisbi dəyişməsi şüalandırılmış nümunələr üçün $\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right| \sim T^{-1}$, şüalandırılmamış nümunələr üçün isə $\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right| \sim T$ qanunu ilə dəyişir. Şüalanma dozası $10^5 \div 4 \cdot 10^8 \text{ R}$ olan γ – şüaları ilə şüalandırılmış $p - Cd_xHg_{1-x}Te$ kristallarında da bu asılılıq $\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right| \sim T^{-r}$ qanunu ilə baş verir və elektrik sahəsinin intensivliyinin nisbətən yüksək ($E \approx 4 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot \text{sm}^{-1}$) qiymətlərində asılılıq dərəcəsi r vahiddən ikiyə qədər artır. Sahə intensivliyinin $E = 7 \cdot 10^2 \text{ V} \cdot \text{sm}^{-1}$ qiymətinə qədər azalması nəticəsində isə r -in qiyməti ~ 3 -ə qədər artır.

Qeyd etmək lazımdır ki, nümunələrdə müşahidə olunan asılılıqlar cərəyan kontaktlarından yükdaşıyıcıların kristalın injeksiyası və kristal qəfəsin Coul istiliyi hesabına qızması ilə əlaqədar ola bilməz. Bütün bu effektlər həcmi effekt olub, birbaşa güclü elektrik sahəsinin təsiri ilə əlaqədardır. Ədəbiyyatdan [1, 2, 3] məlumdur ki, yarımkəçiriciyə güclü elektrik sahəsi ilə təsir etdikdə onun həcmində müxtəlif cür elektron prosesləri yaranır ki, bu da elektrik keçiriciliyin, yürüklüyün və sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının dəyişməsinə səbəb olur. Yaranan bu proseslər müxtəlif effektlərin, o cümlədən keçiriciliyin elektrik sahəindən asılılığına, qızmar yükdaşıyıcıların termo.e.h.q.-nin yaranmasına və s. səbəb olur. İki tip yükdaşıyıcılara malik yarımkəçirici üçün keçiricilik aşağıdakı kimi ifadə olunur [4]:

$$\sigma = e (n\mu_n + p\mu_p), \quad (1)$$

burada μ_n, μ_p elektron və deşiklərin yürüklüyü, n, p isə uyğun olaraq onların konsentrasiyalarıdır. Buna görə də elektrik sahəsinin təsiri ilə $\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right|$ kəmiyyətinin maddənin növündən, xarici təsirdən asılı olaraq dəyişməsi bilavasitə yükdaşıyıcıların yürüklüyü, konsentrasiyası, həmçinin elektrik sahəsini xarakterizə edən parametrlər ilə əlaqədar olmalıdır. Ümumi halda fəzaca bircins olan izotrop sistemin diferensial keçiriciliyi

$$\sigma_d = en_0\mu_0 \left(1 + \frac{d\ln\mu}{d\ln E} + \frac{d\ln n}{d\ln E} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\sigma_d}{\sigma_0} = \left(1 + \frac{d \ln \mu}{d \ln E} + \frac{d \ln n}{d \ln E} \right), \quad (3)$$

kimi təyin olunur [5]. Qeyd etmək lazımdır ki, elektrik keçiriciliyin elektrik sahəsindən asılılığında konsentrasiya və yürüklüyün hansının elektrik sahə intensivliyindən (E –dən) asılılığı üstünlük təşkil etməsindən asılı olaraq dreyf $\mu = f(E)$ və ya konsentrasiya $n = f(E)$ qeyri-xəttiliyini nəzərə almaq lazımdır. Qızdırıcı elektrik sahəsinin təsiri altında sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının dəyişməsi elektrik sahəsinin təsiri ilə yarımkəçiricidə aşqar və ya zonalararası deşilmənin nəticəsində baş verə bilər. Bu halda öyrənilən maddələrin elektrik keçiriciliyi güclü elektrik sahəsinin təsiri altında ilkin hala nəzərən kəskin artmalıdır. Məlumdur ki, belə deşilmənin ehtimalı aşqar səviyyələrin enerji dərinliyindən, yarımkəçiricinin qadağan olunmuş zonasının enindən, elektrik sahəsinin intensivliyinin kritik qiymətindən asılıdır. Hər bir yarımkəçirici üçün sahənin kritik qiyməti aşağıdakı kimi təyin olunur [6].

$$E_{kr} = \frac{m}{e \cdot M \cdot l} E_g, \quad (4)$$

burada m və M uyğun olaraq elektron və ionun kütləsi, l – yükdaşıyıcıların sərbəst yolunun orta uzunluğu, E_g – qadağan olunmuş zolağın enidir. Tədqiq olunan yarımkəçiricilər üçün sahənin kritik qiyməti $E_{kr} = 10^5 \div 10^6 \text{ V} \cdot \text{sm}^{-1}$ tərtibindədir. Alınan nəticələrdən bir daha aydın olur ki, tətbiq olunan elektrik sahəsinin intensivliyi $E = 4 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot \text{sm}^{-1}$ tərtibində olduğundan tədqiq olunan kristallarda zərbə ilə ionlaşma prosesi yarana bilməz.

Güclü elektrik sahəsində elektrik keçiriciliyin sahə intensivliyindən asılılığı termoelektron ionlaşmasına görə də yarana bilər. Frenkelə görə bu zonada sərbəst yüklərin konsentrasiyası

$$n = n_0 \exp(\alpha \sqrt{E}), \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{e}{kT} \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0}} \quad (6)$$

burada n_0 – zəif elektrik sahəsində sərbəst yüklərin konsentrasiyası, ϵ – öyrənilən maddənin dielektrik nüfuzluğu, ϵ_0 – elektrik sabitidir. Bu ifadələrdən görünür ki, Frenkel mexanizminə görə prosesdə sərbəst yüklərin konsentrasiyası üstünlük təşkil etdiyi halda yarımkəçiricinin keçiriciliyi sahə intensivliyindən asılı olaraq

$$\sigma \approx \exp \sqrt{E} \quad (7)$$

qanunu ilə dəyişməlidir. Amma təcrübədə keçiriciliyin elektrik sahəsi intensivliyindən asılı olaraq dəyişməsi (7) asılılığından fərqli olaraq nisbətən zəif xarakterli olur. Bu onu göstərir ki, baxılan halda Frenkel mexanizmi keçiricilikdə əhəmiyyətli rol oynamır.

Yarımkəçiricilərdə keçiriciliyin elektrik sahəsindən asılılığının tədqiqində daha bir mexanizm – yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının tunel keçiriciliyi mexanizmi ilə artmasından da istifadə olunur. Bu halda güclü elektrik sahəsində zonanın əyilməsi zonalararası tunel keçiriciliyinin,

həmçinin zonadan aşqar səviyyələrə və ya aşqar səviyyələrdən zonalara tunel mexanizmi ilə keçiriciliyin yaranmasına imkan yaradır. Potensial çəpərin şəffaflığını müəyyən edən [7]

$$D = K \cdot \exp \left[-\frac{8\pi\sqrt{2m^*} (E_g)^{3/2}}{3eh E} \right], \quad (8)$$

düsturundan görünür ki, çəpərin D şəffaflığı qadağan olunmuş zolağın E_g enindən və xarici elektrik sahəsinin E intensivliyindən asılıdır. Burada K – mütənasiblik əmsəlidir.

$Cd_xHg_{1-x}Te$ kristallarında σ -nın E -dən asılılığı aşqar səviyyələrdən tunel edilməsi nəticəsində elektrik sahəsi intensivliyinin $E \approx 10^6 V \cdot sm^{-1}$ qiymətində mümkündür. Deməli, alçaq elektrik sahələrində potensial çəpərin şəffaflığı həddən artıq böyük olduğundan $Cd_xHg_{1-x}Te$ kristalında müşahidə olunan $\sigma = f(E)$ asılılığı tunel hesabına yarana bilməz.

Qeyd etmək lazımdır ki, belə güclü elektrik sahəsini tədqiq olunan $Cd_xHg_{1-x}Te$ kristalında yaratmaq mümkün deyil. Buna görə də ətraflı araşdırmadan belə qərara gəlmək olur ki, öyrənilən kristallarda müşahidə olunan $\sigma = f(E)$ asılılığı Ziner effekti ilə bağlı deyil. Həmçinin bir faktı da qeyd etmək vacibdir ki, yuxarıda qeyd olunan mexanizmlərin hamısında elektrik keçiriciliyi sahə intensivliyindən xətti asılı olmalıdır. Amma alınmış təcrübi asılılıqlarda elektrik sahəsi intensivliyinin artması zamanı keçiriciliyin həm artması, həm də azalması müşahidə olunur. Bütün bu faktlar keçiriciliyin qızdırıcı sahənin intensivliyindən asılılığını yuxarıda araşdırılan mexanizmlərlə izah etməyin mümkün olmadığına dəlalət edir.

Sərbəst yükdaşıyıcıların yürüklüyü kifayət qədər yüksək olan yarımkəçiricilərdə $\sigma = f(E)$ asılılığı başqa faktorlar hesabına da baş verə bilər [8]. Yükdaşıyıcıların kütləsinin kiçik olması nəticəsində onların öz aralarında və onlarla kristal qəfəs arasında enerji mübadiləsi impuls mübadiləsindən fərqli olaraq kifayət qədər zəif olur. Bu səbəbdən güclü elektrik sahəsində yükdaşıyıcıların orta kinetik enerjisi elektrik sahəsi ilə qızdırılan yükdaşıyıcıların termodinamik tarazlıq enerjisindən nəzərəcarpacaq dərəcədə fərqlənir.

Ədəbiyyatda [9] göstərilmişdir ki, əgər güclü elektrik sahələrində sərbəst yükdaşıyıcıların konsentrasiyası sabit qalarsa ($n = \text{const}$), onda $\sigma = f(E)$ asılılığı aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\sigma = \sigma_0 (1 + \beta E^2) \quad (9)$$

Burada σ_0 və σ uyğun olaraq zəif və güclü elektrik sahələrində elektrik keçiriciliyi, β -kəmiyyət, E isə sahə intensivliyindən asılı olmayan parametrdir. Bu parametrin işarəsi yükdaşıyıcıların səpilmə mexanizmi ilə təyin olunur. Yükdaşıyıcıların aşqar ionlardan səpilməsində $\beta > 0$, qəfəs rəqslərindən səpilmədə isə $\beta < 0$.

Qızmar elektronlar oblastında dreyf qeyri-xəttiliyi üstünlük təşkil etdiyi halda μ -yürüklük və uyğun olaraq $\sigma = f(E)$ asılılığı ümumi şəkildə aşağıdakı kimi ifadə olunur [10]:

$$\sigma = \sigma_0 E^{\frac{2n}{m-n}} \quad (10)$$

Burada n və m keçiricilik üçün zəruri olan yükdaşıyıcıların enerji oblastında uyğun sabitləridir.

Müəyyən olunmuşdur ki, yükdaşıyıcılar yalnız akustik fononlardan səpildikdə $n = -\frac{1}{2}$, $m = \frac{3}{2}$ və uyğun olaraq $\mu \approx E^{-1/2}$, $\sigma \approx E^{-1/2}$ olar.

Əgər yükdaşıyıcılar sıfırıncı akustik fononlardan səpilsə bu halda $n = -1$, $m = \frac{3}{2}$ və uyğun olaraq $\mu \approx E^{-1}$. Yükdaşıyıcıların yalnız aşqar ionlardan səpilməsi halında $\mu = f(E)$ asılılığı nümunənin aşqarlanma dərəcəsindən də asılıdır. Aşqar ionların kiçik konsentrasiyalarında isə yükdaşıyıcıların yürüklüyünün sahə intensivliyindən asılılığı $\mu \approx E^{3/2}$ kimi ifadə olunur [11].

Müxtəlif tərkibli şüalanmamış hər iki tip $Cd_xHg_{1-x}Te$ kristallarında alçaq temperatur və zəif elektrik sahəsində yükdaşıyıcılar istilik hərəkətində olduğundan elektrik sahə intensivliyinin artması ilə keçiricilik təxminən kvadratik qanunla artır. Alçaq temperaturlarda yükdaşıyıcılar əsasən ion aşqarlarından səpildiyindən elektrik sahəsi intensivliyinin böyüməsi ilə yükdaşıyıcıların yürüklüyü artır və uyğun olaraq keçiricilik də artır. Öyrənilən nümunələrdə aşqarların konsentrasiyası kifayət qədər böyük olduğundan bu tamamilə mümkündür. Nisbətən alçaq temperatur və elektrik sahələrində kvadratik asılılıqdan kənara çıxma öyrənilən nümunələrdə defekt və aşqarların qeyri-bərabər paylanmaları hesabına yaranan qeyri-bircinslik ilə əlaqədardır. Alçaq temperaturlarda elektrik sahəsinin artması ilə yükdaşıyıcılar daha güclü qızır və nəticədə qızmar yükdaşıyıcılar yaranır. Ona görə də qızmar elektronların ion aşqarlarından səpilmə mexanizmi üçün xarakterik olan elektrik keçiriciliyin xarici elektrik sahəsindən xətti asılılığı müşahidə olunur. Temperaturunun artması ilə nümunənin bircinsliliyi zəifləyir və $T \approx 200 K$ temperaturlarda $\sigma = f(E)$ asılılığı, ancaq yükdaşıyıcıların nöqtəvi səpilmə mərkəzləri ilə qarşılıqlı təsiri hesabına yürüklüyün dəyişməsi ilə təyin olunur.

Çox da yüksək olmayan yükdaşıyıcıların hələ mülayim olduğu qızdırıcı elektrik sahələrində, qəfəsin akustik rəqslərindən səpilmə üstünlük təşkil etdiyindən $\beta < 0$ sahə intensivliyinin artması ilə keçiricilik

$\left| \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right| \sim E^2$ qanunu ilə dəyişir. Sahə intensivliyinin artması ilə yükdaşıyıcılar daha qızmar olur və $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} = f(E)$ xətti asılılığa keçir. $p-Cd_xHg_{1-x}Te$

kristallarında temperatur və sahə intensivliyindən asılı olaraq $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0}$ - nın

dəyişməsi güclü elektrik sahəsinin təsiri ilə daha mütəhərrik qeyri-əsas yükdaşıyıcıların (elektronların) və ya az mütəhərrik əsas yükdaşıyıcıların (deşiklərin) qızması ilə bağlıdır.

Nisbətən alçaq temperaturlarda $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0}$ -nın temperaturdan qeyri-monoton asılılığı aşqar ionlarından səpilmə ilə əlaqədardır. Bu halda temperaturun yüksəlməsi ilə yürüklük artır, yükdaşıyıcıların konsentrasiyası isə daha dəyişmir. Tədqiq olunan n -tip kristallarda orta və nisbətən yuxarı, p -tip kristallarda isə orta temperaturlarda kristal qəfəsin rəqslərindən səpilmə hesabına yükdaşıyıcıların yürüklüyü azalır. Ona görə də $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0}$ kəmiyyəti də azalır.

Tədqiq olunan nümunələrdə $D_\gamma > 10^5 \text{ rad}$ dozalı γ -kvantı və $\Phi_e \geq 10^{15} \text{ sm}^{-2}$ sürətli elektron seli ilə şüalanmanın $\sigma = f(E)$ asılılığına təsiri başlanğıc halda kristalda olan çoxlu aşqar mərkəzlərin varlığı ilə izah oluna bilər. $\sigma = f(E)$ funksiyasında r -asılılıq dərəcəsinin şüalanma dozəsindən qeyri-monoton asılılığı aşağıdakı səbəblərdən ola bilər. İlkin nümunələrdə həmişə daxili lokal elektrik sahəsi vardır [11]. Həmin sahənin təsiri ilə nümunənin ayrı-ayrı hissələrində aşqarların toplanması baş verir ki, bu da nümunədə qeyri-bircinslik yaradır. Kristallar kiçik dozalı γ -kvantlarla və elektron seli ilə şüalandırıldıqda yaranan az sayda radiasiya defektləri idarə olunmayan aşqar atomları kimi daxili sahənin təsiri ilə kristal daxilində öz yerlərini dəyişərək ilkin toplanma mərkəzlərinin ətrafına yığışırlar. Nəticədə qeyri-bircinsliyin potensial çəpəri, amplitudu və ölçüsü artır. Bu halda alçaq temperatur və zəif elektrik sahəsində nümunədə yaranan qeyri-bircinsliliyin amplitudu və $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0}$ - nin E -dən asılılıq dərəcəsi özünün maksimal qiymətinə çatır.

Şüalanma dozasının sonrakı artımında yaranmış radiasiya defektləri nümunənin bütün həcmində paylanırlar və nümunədə bircinslilik bərpa olunmağa başlayır [12]. Ona görə də $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0}$ -nin E -dən asılılıq dərəcəsi

alçaq temperaturlarda yenidən azalmağa başlayır. $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ monokristalının elektron xassələri radiasiya şüalanması nəticəsində kristalda yaranan müxtəlif tip defektlərdən asılıdır. Bu monokristal qamma-kvantlarla şüalandırıldıqda kristalda daha çox akseptor xarakterli Frenkel defektləri, sürətli elektron seli ilə şüalandırıldıqda isə donor xarakterli defektlər yaranır. $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ monokristalının elektron xassələri radiasiya şüalanması nəticəsində kristalda yaranan müxtəlif tip defektlərdən asılıdır. Bu monokristal qamma-kvantlarla şüalandırıldıqda kristalda daha çox akseptor xarakterli Frenkel defektləri, sürətli elektron seli ilə şüalandırıldıqda isə donor xarakterli defektlər yaranır.

ƏDƏBİYYAT

1. Бонч-Бруевич В.Л., Звягин И.П., Миронов А.Г. Доменная электрическая неустойчивость в полупроводниках. М.: Наука, 1972, 414 с.
2. Гольмонт Б.Л., Иванов – Омский В.И., Коломиец Б.Т. // ФТП. 1971, В.2, №5, с.266-269.
3. Орешкин П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков. М.: Высшая школа, 1977, с. 448.
4. Иоффе А.Ф. Полупроводники в современной физике. М.: АН СССР, 1954, 273 с.

5. Денис В., Пожела Ю. Горячие электроны. Вильнюс: Минтис, 1971, 290 с.
6. Нуруллаев Ю.Г. Неравновесные электронные процессы в некоторых халькогенидных соединениях. Баку: БГУ, 1999, 117 с.
7. Абдинов А.Ш., Мамедов Ф.И. Салаев Эль. Ю. // Изв. АН Аз. ССР. ФТ и МН. 1984. т.5. в. 3. с.63-67.
8. Nurullayev Y.Q. Qismən nizamsız kristallarda elektron-defekt qarşılıqlı təsiri. F.r.e.d. Avtoreferatı. Bakı, 2005, 30 s.
9. Нуруллаев Ю.Г. // Вестник Бакинского Университета, сер.ФМ, 1999, № 1, с.48-55.
10. Абдинов А.Ш., Нуруллаев Ю.Г., Садыгов Н.Г., Сеидли Г.С. // Электронная техника. 1988, Сер. 6, в. 6. с.235-241.
11. Белегорохов А.И., Флоренцов А.А., Белегорохов И.А. // ФТТ. 2006, т.48, в.4, с.597-606.
12. Нуруллаев Ю.Г., Сафаров В.Г., Мехтиева А.Р. // Вестник Бакинского Университета, сер.ФМ, 2007, № 4, с.118-123.

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ γ -КВАНТАМИ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ $Cd_xHg_{1-x}Te$

Ю.Г.НУРУЛЛАЕВ, В.Г.САФАРОВ, С.К.НОВРУЗОВА

РЕЗЮМЕ

В работе приводятся результаты полученные при изучении влияния облучения γ -квантами и напряженности сильного электрического поля на электропроводности в монокристаллах $Cd_xHg_{1-x}Te$ состава образцов $0,25 < x < 0,95$.

В результате проведенных измерений установлено, что как до, так и после радиационного облучения электропроводность изучаемых кристаллов $Cd_xHg_{1-x}Te$ при напряженностях, больших некоторого критического значения ($E_{кр}$) становится зависимой от E , Эта зависимость при всех случаях подчиняется степенному закону $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \approx E^r$. При

этом величина $\left[\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_0 - \left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_\gamma \right]$ относительное изменение электропроводности под

действием сильного электрического поля до и после радиационного облучением, соответственно, тоже зависит от E, T и D_γ .

EFFECTS OF HIGH-TEMPERATURE IRRADIATION BY γ -QUANTS ON THE ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF SINGLE CRYSTALS OF $Cd_xHg_{1-x}Te$

Y.Q.NURULLAYEV, V.H.SAFAROV, S.K.NOVRUZOVA

SUMMARY

In this paper the results obtained at the study of influence of γ -quants irradiation and intensity of electrical field on the conduction of single crystals $Cd_xHg_{1-x}Te$ with composition $0,25 < x < 0,95$ are shown.

It is established, that before and after radioactive irradiation, the conduction of single crystals $Cd_xHg_{1-x}Te$ at intensities more than any critical value (E_{kr}) depends on the E , this dependence in all cases obeys to degree law of $\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \approx E^r$. In this case the value of the change

of conduction $\left[\left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_0 - \left(\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \right)_\gamma \right]$ at influence of high electrical field before and after radiative irradiation depends on the E , T and D_γ as well.