

(In₂Te₃)_{0,99}(PbTe)_{0,01} KRİSTALLARINDA FOTOKEÇİRİCİLİK SPEKTRLƏRİNİN XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Ç.İ. ƏBİLOV, E.M. QOCAYEV, M.Ş. HƏSƏNOVA, E.K. QASIMOVA

Azərbaycan Texniki Universiteti

AZ1073, Bakı ş. H.Cavid pr. 25

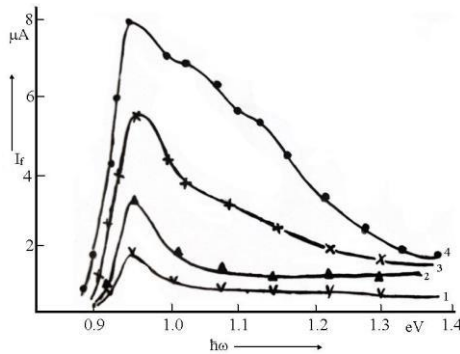
E-mail: cabilov@yahoo.com, geldar-04@aztu.edu.az,
mhsh28@mail.ru, ema-77@mail.ru

77-293 K temperatur intervalında (In₂Te₃)_{0,99}(PbTe)_{0,01} bərk məhlul kristalında fotokeçiriciliyin spektral paylanmasının və termostimullaşdırıcı keçiriciliyin kinetikasi tədqiq edilmişdir. Defekt quruluşlu kristallara xas olan qısa dalğa spektrlərində fotokeçiriciliyin yüksək effektivliyi bu kristallarda da müşahidə olunur. Elektrik çevrilməsi ilə əlaqədar olan fotoyaddaş aşkar edilmişdir. Səviyyələrin tipi və rekombinasiya mexanizmləri müəyyənləşdirilmişdir. Həmçinin, yapışma dərinliyi, tələlərin və sərbəst yükdaşıyıcılarının konsentrasiyası, tutulma əmsalı və en kəsiyi hesablanmışdır.

Açar sözlər: kristal, fotokeçiricilik, rekombinasiya, termostimullaşdırıcı keçiricilik, yapışma dərinliyi, tutulma əmsalı.
PACK: 09.09.29

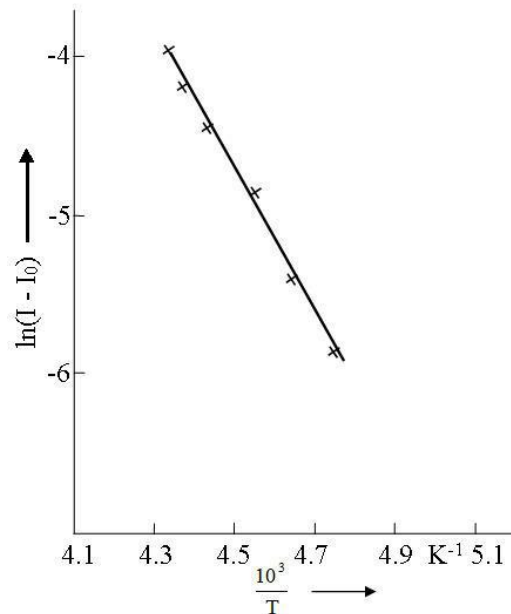
In₂Te₃ – PbTe sistemində faza tarazlığının təbiəti araşdırılarkən, In₂Te₃ birləşməsi əsasında sərhəddi ~1mol% PbTe olan homogen sahəsinin mövcudluğu aşkar edilmişdir [1]. Bu bərk məhlul kristallarının elektrofiziki xassələrinin [2] işində öyrənilməsinə baxmayaraq, onların optik və fotoelektrik xassələri tədqiq edilməyib. Eyni zamanda, [3]-də bu kristalların voltamper xarakteristikası öyrənilmiş, onlarda yaddaşlı elektrik çevrilmə effektinin mövcudluğu aşkar edilmiş və belə çevrilmənin temperaturdan asılı olmadığı göstərilmişdir.

Hazırkı işdə (In₂Te₃)_{0,99}(PbTe)_{0,01} bərk məhlul kristalında fotokeçiriciliyin spektral paylanması kinetikasi və termostimullaşdırıcı keçiriciliyin təcrübi tədqiqatlarından alınan nəticələr verilmişdir. Fotokeçiriciliyin ölçülməsi, qalınlığı 150 mkm olan təbəqələrdə yerinə yetirilmişdir. Omik kontakt məqsədilə yüksək təmizliyə malik indium materialından istifadə edilmişdir. Kontakt materialının ümumi fotokeçiriciliyə təsirinin minimuma çatdırılması məqsədilə, onların səthi ölçmələr zamanı qeyri-şəffaf maddə ilə örtülmüşdür. Fotokeçiriciliyin temperatur asılılıqlarının ölçülməsi 77-293 K intervalında azot temperaturuna davamlı xüsusi kriostatlarda yerinə yetirilmişdir. Fotokeçiricilik spektrlərini ölçən qurğunun tərkibinə SPMY monoxromatoru və faza detektorlu «УПИ» tipli bazalı gücləndirici daxildir. Ölçmələrin xətası 8%-dən yüksək olmamışdır.



Şəkil 1. (In₂Te₃)_{0,99}(PbTe)_{0,01} tərkibli kristalda fotokeçiriciliyin spektral asılılığı:
(1 - 77 K, 2 - 150 K, 3 - 200 K, 4 - 293 K).

1-ci şəkilə (In₂Te₃)_{0,99}(PbTe)_{0,01} tərkibli kristalın müxtəlif temperaturalarda çəkilən fotokeçiricilik spektrləri göstərilmişdir.



Şəkil 2. (In₂Te₃)_{0,99}(PbTe)_{0,01} bərk məhlul kristalında termostimullaşdırıcı keçiriciliyin temperatur asılılığı (burada U=10V, β=0,09 dərəcə/san)

Göründüyü kimi, 77 K temperaturunda fotokeçiricilik 0,945 mkm dalğa uzunluğunda maksimuma malik dar bir zolaqla səciyyəlidir. Temperaturun yüksəlməsi fəthəssaslığın artmasına və spektr zolaqlarının genişlənməsinə səbəb olur. Özü də, fotokeçiricilik spektrlərindəki sönmələr aşağı enerji sahələri tərəfə sürüşərək dikliyini saxlayır. Uzun dalğa sahələrində spektrlərin sönməsindən qadağan olunan zonanın eninin qiyməti hesablanmış və məlum olmuşdur ki, E_g=0,98 eV. Bu kəmiyyətin ħω sürüşməsinə əsasən hesablanan E_g-nin temperaturala dəyişilmə əmsalı $\frac{dE_g}{dT} = 2,9 \cdot 10^{-4} \frac{eV}{K}$ tərkibində olmuşdur. Qısa dalğa uzunluqları sahəsindəki fotokeçiriciliyin yüksək effektivliyə malik olması defekt quruluşlu yarımkeçiricilərə xas olan əlamətdir [4,

5] və qeyd etmək lazımdır ki, In_2Te_3 birləşməsi, eləcə də onun əsasında alınan bərk məhlul kristalları da defektli quruluşa malik olurlar [6]. Burada stexiometrik defektlərin və səthi əlaqələrin xüsusiyyətləri də önəmli sayılır. Tədqiq edilən $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0,99}(\text{PbTe})_{0,01}$ bərk məhlul kristallarında fotokeçiriciliyin kinetikasını aydınlaşdırmaq məqsədilə 77-293 K temperatur intervalında fotokeçiriciliyin relaksasiya və tezlik asılılıqları öyrənilmişdir. Bu sahələrdəki ölçmələr yükdaşıyıcıların yaşanma müddətinin temperatur asılılığına nəzarət etməyə imkan yaratmışdır. Məlum olmuşdur ki, temperaturun yüksəlməsi ilə τ -nün aramla artması baş verir. Görünür ki, belə artma məxsusi keçiricilik sahəsinin yaranmasına qədər davam etməlidir. Eyni zamanda, burada spesifik bir hadisə də müşahidə edilməkdədir. Belə ki, əgər nümunə işıqlandırılaraq 77 K-ə qədər soyudularsa və sonra qaranlıqda yenə qızdırılarsa, keçiriciliyin qiyməti qaranlıqdakından böyük olacaqdır. Qaranlıq cərəyanlarının tarazlıq vəziyyətinə qədər bərpa olunması təxminən 5÷6 saatdan sonra baş verir. Keçiriciliyin işıqlandırılması və qaranlıqda dəyişməsi doyma təbiətli olur. İlk vəziyyətə çevrilməni həmçinin, 77-320K temperaturunda və qaranlıq mühitdə, təkrar termotsikləmə yolu ilə gətirmək olar. Bu səbəbdən, tədqiq edilən materiallardakı fotoyaddaşı yarıdan hər hansı bir mərkəzlərin rolunu qiymətləndirmək məqsədilə termostimullaşdırıcı keçiricilik (TSK) metoddan istifadə edilərək hadisələr analiz olunmuşdur. Burada nümunələr vakuumlu optik kriostatda yerləşdirilərək tədqiqatlar davam etdirilmişdir. Xarici istilik mənbəyi sistemi nümunənin $\sim 0,06 \pm 0,10$ dərəcə/san sürəti ilə qızdırılmasını təmin edib. Sonra nümunə maye azot temperaturuna qədər qaranlıqda soyudulub 5-10 dəq. ərzində işıqlandırılır və ardınca qızdırılmaya məruz edilir. Qızdırılmanın sürəti artırıldıqca piklərin intensivliyi böyüyür və onların maksimumu yüksək temperatura doğru sürüşür. Belə texnologiya yarışma və rekombinasiya mərkəzlərinin konsentrasiyasının artmasına zəmin yaradır. Yarışma mərkəzlərinin parametrlərinin düzgün təyin edilməsi üçün səviyyələrin tipi və rekombinasiya mexanizmi məlum olmalıdır. Səviyyələrin tipi [7, 8]

işlərində göstərilən kriteriyalara görə müəyyənləşdirilmişdir. Rekombinasiya mexanizmini təyin etmək üçün kriteriyanı δ kəmiyyəti xarakterizə edir ki, onu da $I_1 = I_2 = 0,5I_m$ şərtinə uyğun olaraq $\delta = \frac{T_m - T_1}{T_2 - T_m}$ formulundan hesablamaq olur (burada T_1 və T_2 aşağı və yüksək temperaturlar tərəfdən termostimullaşdırıcı keçiriciliyin maksimum vəziyyətinə uyğun gələn temperaturlardır). Bizim tədqiqatlar üçün aşağıdakı şərt ödənilir:

$$\delta \leq e^{-\frac{1+2kT_m}{E_t}}$$

Yarışma mərkəzlərinin aktivləşmə enerjisi $\ln(I - I_0) \sim \frac{10^3}{T, K}$ asılılıq əyrisinin (şəkil 2) meyliyəndən hesablanır. Asılılıqdakı I_0 və I müvafiq olaraq qaranlıq və termostimullaşdırıcı cərəyanları göstərir. Yarışma mərkəzinin aktivləşmə enerjisinin hesablanan qiyməti $\sim 0,29$ eV olmuşdur.

Şəkil 2-dən görüldüyü kimi asılılıq qrafiki monoton meylliyə malikdir ki, bu da aramlı yarışmaya uyğundur, yəni burada yarışma prosesləri rekombinasiyanı üstələyir. Tutulma dərinliyini dəqiq hesablamaq üçün [9]-da verilən formuldan istifadə edilmişdir

$$E_t < \frac{1,51kT_mT_1}{T_m - T_1}$$

Tələlərin konsentrasiyası (N_t) isə belə hesablanmışdır:

$$N_t = \frac{kT_m^2 N_c}{\beta E_t} \exp\left(-\frac{E_t}{kT_m}\right)$$

Həmçinin, sərbəst yükdaşıyıcılarının konsentrasiyası da hesablanmış və $n = 1,56 \cdot 10^{13} \text{ sm}^{-3}$ qiyməti alınmışdır. Hesablamalara əsasən tutulmanın en kəsiyi $\sigma = 0,4 \cdot 10^{-20} \text{ sm}^{-2}$ və tutulma əmsalı $\gamma = 8 \cdot 10^{-14} \frac{\text{sm}^3}{\text{san}}$ qiymətlərində olmuşdur.

- [1] Ч.И. Абилов, Я.Н. Бабаев. Взаимодействие теллурида свинца с сесквителлуридом индия. Азербайджанский Химический журнал. 1998, №4, с. 69-72.
- [2] Ч.И.Абилов, Дж.А.Ахмедова. Физико-химические основы технологии получения полупроводниковых материалов в системе свинец – некоторые р, 3d, 4f элементы – теллур и их электрофизические свойства. Баку, 2001, Элм, 252 с.
- [3] З.А. Искендерзаде, Ч.И. Абилов, Дж.А. Велиев, М.А. Джафаров. Особенности вольтамперных характеристик монокристалла $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0,99}(\text{PbTe})_{0,01}$ при сильных электрических полях. Ученые записки АзТУ, 1992, Вып. 2, с. 79-82.
- [4] В.В. Емцев, Т.В. Машовец. Примеси и точечные дефекты в полупроводниках. М., Радио и связь, 1981, 248 с.
- [5] И.А.Алексеев, Б.В.Корзун, Я.А.Маковецкая, Н.А.Соболев, С.П.Жуков. Энергетические уровни в CuInS_2 , связанные с собственными дефектами. Физ. и техника полупроводников. 1989, том 23, вып. 9, с 1696-1699
- [6] З.С.Медведева. Халькогениды элементов ПБ подгруппы периодической системы. М., 1968, Наука, 216 с.
- [7] А.Милнс. Примеси с глубокими уровнями в полупроводниках (Пер. с англ. Под ред. М.К.Щейкмана), М., 1977, Мир, 254 с.
- [8] В.В.Пасынков, В.С.Сорокин. Материалы электронной техники. М., 1986. Высш. Школа, 173 с.
- [9] В.П. Заячковский, П.П. Бейсюк, Е.С. Никонюк. Извест.Вуз-ов СССР,Журн.«Физика», 1975, вып. 7, с. 111-116.

CH.I. Abilov, E.M. Qocayev, M.SH. Gasanova, E.K. Gasumova

PECULIARITIES OF PHOTOCONDUCTIVITY SPECTRA Of $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0.99}(\text{PbTe})_{0.01}$ CRYSTALS

The study of the spectral distribution, photoconductivity (PC) kinetics, thermally stimulated conductivity (TSC) of $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0.99}(\text{PbTe})_{0.01}$ solid solution crystals in the temperature range of 77÷293 K was carried out. A high efficiency of the phase transition is observed in the short-wavelength region of the spectrum, which is typical for defective structures. A photomemory effect was found along with electrical switching. The level type and recombination mechanism are determined. The occurrence depth, trap concentration, free carrier concentration, cross sections, and capture coefficient were determined.

Ч.И. Абилов, Э.М. Годжаев, М.Ш. Гасанова, Э.К. Касумова

ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРОВ ФОТОПРОВОДИМОСТИ КРИСТАЛЛОВ $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0.99}(\text{PbTe})_{0.01}$

Проведено исследование спектрального распределения, кинетики фотопроводимости (ФП), термостимулированной проводимости (ТСП) кристаллов твердых растворов $(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0.99}(\text{PbTe})_{0.01}$ в интервале температур 77÷293 К. Установлена высокая эффективность ФП в коротковолновой области спектра, типичной для дефектных структур. Обнаружен эффект фотопамати наряду с электрическим переключением. Определен тип уровня и механизм рекомбинации. Определены глубина залегания, концентрация ловушек, концентрация свободных носителей, сечения и коэффициент захвата.