

UOT 541.183;539.104;537.84;621.315.92

YSPE/GaAs və YSPE/GaAs<Te> KOMPOZİTLƏRİN OPTİK XASSƏLƏRİ

N.N.HACIYEVA, E.M.QOCAYEV*, G.B.ƏHMƏDOVA**, F.Q.ƏSƏDOV

*Azərbaycan Texniki Universiteti**
AZ 1000, Bakı şəh., H.Cavid pr., 25
*AMEA Fizika İnstitutu***
AZ 1143, Bakı şəh., H.Cavid pr., 131
AMEA Radiasiya Problemləri İnstitutu,
AZ 1143, Bakı, B.Vahabzadə, 9
nushaba6@mail.ru

Daxil olub: 07.06.2022
Çapa verilib: 20.09.2022

Açar sözlər: yüksək sıxlıqlı polietilen, GaAs, GaAs<Te>, kompozitlər, qadağan olunmuş zonanın eni, udma əmsalı, düz və çəp optik keçidlər

REFERAT

YSPE/x küt.% GaAsTe ($x=0;2;6$) və YSPE\%küt.%GaAs ($x=0;2;6$) tərkibli kompozitlərdə optik udulmalar öyrənilib. Udma əmsalının və α^2 -nin fotonun enerjisindən asılılıqları tədqiq edilib. Alınmış nəticələrə əsasən kompozitlərin qadağan olunmuş zonalarının eni və düz və çəp keçidlərin enerjiləri hesablanıb.

GİRİŞ

Adətən yeni doldurucular kompozit materialın praktiki istifadə mümkünlüyünün genişlənməsinə gətirib çıxarır. Bu nöqteyi-nəzərdən polimer-yarımkeçirici doldurucu kimi polimer kompozisiya materialları xüsusi maraq kəsb edir. Yarımkeçirici doldurucuların polimer matrisaya daxil edilməsi onun quruluşunun və xassələrinin dəyişməsinə gətirib çıxarır. Bu aspektdən yüksək sıxlıqlı polietilen (YSPE), GaAs və GaAs<Te> yarımkeçirici birləşmələri əsaslı kompozitlər maraq kəsb edir. Bu materiallardan polimerlər üçün modifikasiya edən əlavələr kimi istifadə edilməsi fərqli elektrofiziki, di-elektrik, istilik, optik lüminessent və mexaniki xassəli yeni kompozitlərin istehsalına gətirib çıxara bilər. Qeyd etmək lazımdır ki, ədəbiyyatda bu kompozitlərin optik xassələrinin tədqiqinə dair kifayət qədər elmi məlumatlar yoxdur [1,2]. Baxılan məqalədə YSPE/GaAs və YSPE/GaAs<Te> kompozitlərinin xassələrinin tədqiqinin nəticələri verilmişdir.

TƏCRÜBİ HİSSƏ

YSPE tozlarından və GaAs, GaAs<Te> yarımkeçiricilərindən mexaniki qarışdırma yolu ilə

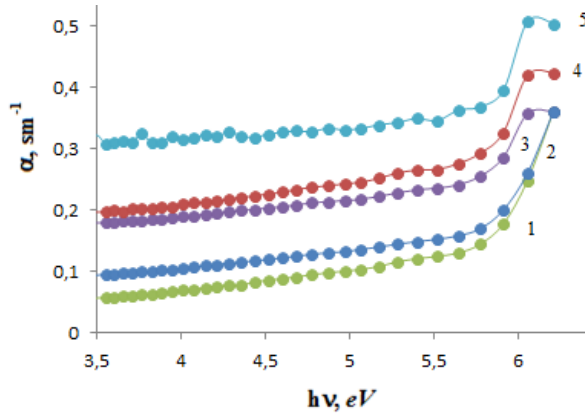
homogen qarışıq alınmışdır. Homogen qarışıq $T=140^{\circ}\text{C}$ temperaturda 15 dəq. saxlanmaqla isti presləməyə məruz qalmışdır və 30 dəq. ərzində otaq temperaturuna qədər soyudulmuşdur. Bu metod polimerin həcmində mikrohissəciklərin bərabər paylanmasına imkan verir ki, bu da optik tədqiqatlar üçün çox vacib faktordur. İlkin və kompozit təbəqələrin qalınlığı $d\sim 50-100\text{mkm}$ -ə bərabərdir. Daxil edilən GaAs və GaAs<Te> mikrohissəciklərinin miqdarı 1-dən 10 küt.%-ə qədər dəyişir.

NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ

YSPE/x küt.%GaAsTe ($x=0;2;6$) və YSPE\%küt.% GaAs ($x=0;2;6$) tərkibli kompozitlərində optik udulma əmsalları olaraq tədqiq edilmişdir. Tədqiqatın nəticələri Şəkil 1-Şəkil 3-də verilmişdir. Hər bir tərkib üçün udma əmsalının və α^2 -nin fotonun enerjisindən asılılıqları göstərilmişdir. Alınmış nəticələrə əsasən həmin kompozitlərin qadağan olunmuş zonalarının eni və o cümlədən düz və çəp keçidlərin enerjiləri hesablanmışdır.

Optik keçidlərin qadağan olunmuş zonalarının eninin qiymətləri doldurucuların növündən və konsentrasiyasından asılı olaraq dəyişir. Belə ki,

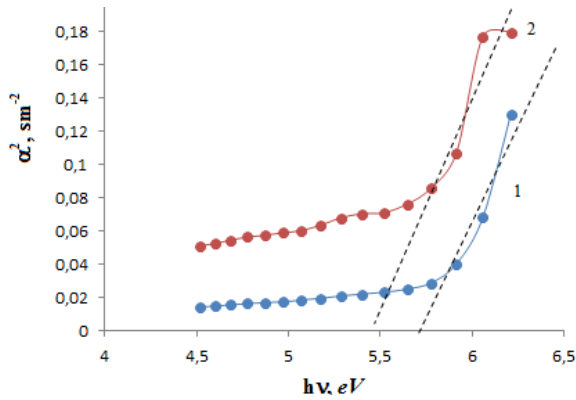
kompozitlərdə doldurucuların konsentrasiyasının artması YSPE polimerinə nisbətən qadağan olunmuş zonanın eninin azalması ilə müşayiət olunur.



Şəkil 1

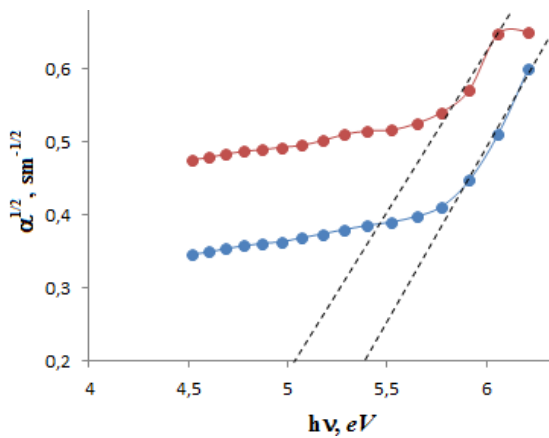
α udma əmsalının fotonun enerjisindən asılılığı:

- 1 - YSPE 100%, 2 - YSPE/2küt% GaAs<Te>, 3 - YSPE/2küt% GaAs, 4 - YSPE/6küt% GaAs<Te>, 5 - YSPE/6küt% GaAs.



Şəkil 2

Düz optik keçid üçün α udma əmsalının kvadratının fotonun enerjisindən asılılığı: 1 - YSPE/2küt.% As<Te>, 2 - YSPE/6küt.% GaAs<Te>.



Şəkil 3

Çəp optik keçid üçün α¹/² fotonun enerjisindən asılılığı: 1 - YSPE/2küt%GaAs, 2 - YSPE/6küt.%GaAs

Alınmış nəticələrin müzakirəsini aparmaq üçün həmin istiqamətdə aparılmış tədqiqat işlərinə nəzər yetirək.

Təcrübi olaraq müəyyən edilmiş Urbax qaydasının fiziki əsaslandırılmasına bir sıra nəzəri işlərdə baxılmışdır [2-6]. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, bu istiqamətdə nəzəri və təcrübi tədqiqatların çox olmasına baxmayaraq, indiyə kimi Urbax qaydasının fiziki əsaslandırılması mümkün olmayıb.

Təcrübi nəticələrin təhlili göstərir ki, optik udma kənarının eksponensial formaya malik olması tədqiq olunan materiallara da şamil oluna bilər.

Beləliklə, qeyd olunanları nəzərə alıb, tədqiq olunan obyektlərin optik udma kənarının eksponensial formasına baxaq.

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, tədqiq olunan kompozitlərdə α udma əmsalının spektral asılılığı fotonların enerjisindən asılı olaraq, eksponensial dəyişir və aşağıdakı qanuna tabe olur:

$$\alpha = \alpha_0 \exp[(h\nu - E_{g0})/kT], \quad (1)$$

burada $h\nu$ - fotonun enerjisi, E_{g0} - 0, K-də kristalın qadağan olunmuş zolağının eni, σ_0 - $T=0$, K-də α -nın qiyməti, k - Bolsman sabiti, σ - temperaturdan asılı olan və elektron-fonon qarşılıqlı təsirində

$$\sigma = \sigma_0 \frac{2kT}{\hbar\omega} \tanh \frac{\hbar\omega}{2kT}, \quad (2)$$

kimi təyin olunan parametrdir, $\hbar\omega$ - optik fotonun enerjisi, σ_0 - təcrübədən təyin olunan sabitdir.

Məlum olduğu kimi, udma əmsalı α -nın spektral asılılığı sadə zonalar arasındakı düzünə optik keçidlər üçün aşağıdakı kimi ifadə edilir.

$$(\alpha \cdot \hbar\omega) = A_1 \left(\hbar\omega - E_{qd} \right)^K, \quad (3)$$

$$A_1 = \frac{2e^2 (2m^*)^{\frac{3}{2}}}{m^2 c h^2 n} \left| p_{if}^\alpha \right|^2 = \text{const}, \quad (4)$$

burada K - tərtib göstəricisidir və icazəli keçidlər üçün $\frac{1}{2}$, qadağanlar üçün isə $3/2$ -dür, m^* - gətirilmiş effektiv kütlə, m - sərbəst elektronun kütləsi, P_{if}^α - i-f keçidinin matris elementi, n - sındırma əmsalı, c - işığın boşluqda yayılma sürəti, h - Plank

sabiti, $E_{q\alpha}$ - düzünə optik keçidlərin qadağan olunmuş zonalarının enidir.

Çəp optik keçidlər üçün fononların iştirakı ilə zonalararası optik udma spektrinin bir modu (impulsu $\hbar q$ və enerjisi $\hbar\omega = k\theta$ olan iki hissədən ibarətdir, $\alpha(\omega)$ udma əmsalı isə aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər.

$$(\alpha \cdot \eta\omega) = A \left\{ \left[\exp\left(\frac{\theta}{T}\right) - 1 \right]^{-1} (\eta\omega - E_{qi} + K\theta)^n + \left[1 - \exp\left(-\frac{\theta}{T}\right) \right]^{-1} (\eta\omega - E_{qi} + K\theta)^n \right\}, \quad (5)$$

burada A - verilmiş maddə üçün xarakterik olan sabitdir, n - tərtib göstəricisi (bu göstərici icazəli keçidlər üçün 2, icazəsizlər üçün 3-dür), E_{gi} - düz olmayan keçidlər üçün qadağan olunmuş zonanın enidir. Optik udulma spektrinin müəyyən ($\alpha \geq 10^2 \text{ sm}^{-1}$) oblasta müvafiq hissəsinin (3) və (5) düsturlarına əsasən analizi göstərir ki, tədqiq olunan bərk məhlullar, düz və çəp optik keçidlərin qadağan olunmuş zonalarının eni bir-birindən az fərqlənən çəp zonalı materiallardır.

Cədvəl 1

Optik keçidlərin qadağan olunmuş zonalarının eninin doldurucuların növiyindən və konsentrasiyasından asılı olaraq alınmış qiymətləri.

	$E_g, \text{ eV}$				
	YSPE	YSPE-2%GaAs	YSPE-6%GaAs	YSPE-2%GaAs<Te>	YSPE-6%GaAs<Te>
Düz optik keçid ($\alpha^2 \text{ sm}^{-2}$)	5,62	5,38	5,29	5,56	5,42
Çəp optik keçid ($\alpha^{1/2} \text{ sm}^{-1/2}$)	5,31	5,04	4,92	4,84	4,46
$\alpha, \text{ sm}^{-1}$	5,58	5,38	5,32	5,56	5,29

$(\alpha \cdot \hbar\omega)$ -nin fotonların $\hbar\omega(h\nu)$ enerjilərindən asılılığını xarakterizə edən spektral ayrılmanın analizi ilə müəyyən edilib ki, düz və çəp “icazə verilmiş” optik keçidlər üçün qadağan olunmuş zonanın eni kompozitin tərkibində GaAs-in artması ilə xarakterik olaraq tədqiq olunan bütün kompozitlərdə azalır, yəni, düz optik keçidlər üçün qadağan olunmuş zonanın eni $x=0$; $x=2$; və $x=6$ olduqda müvafiq olaraq 5.62, 5.38, 5.29 eV olduğu halda çəp keçidlər halında həmin tərkiblər üçün qadağan olunmuş zonanın eni müvafiq olaraq 5.31, 5.04 və 4.92 eV olmuşdur. Bu qanunauyğunluq YSPE+xküt.% GaAs<Te> kompozitlərində də müşahidə edilmişdir. Belə ki, $x=2$; və $x=6$ olduqda düz optik keçidlər üçün qadağan olunmuş zonanın eni müvafiq olaraq 5.56, 5.42 eV olduğu halda çəp optik keçidlər üçün qadağan olunmuş zonanın eni 4.84, 4.46 eV olmuşdur (Cədvəl 1). Bütün baxılan tərkiblər üçün çəp optik keçidlərdə iştirak edən fononların enerjiləri müxtəlif tərkiblər üçün fərqli qiymətlər alır. Sonda qeyd etmək olar ki, həm düz, həm də çəp optik keçidlər üçün müvafiq tərkibli kompozitlərdə qadağan olunmuş zonanın eninin fərqli olması və tərkibdən asılı olaraq müəyyən qanunauyğunluğun gözlənilməsi tədqiq olunan kompozitlərdə matrisa - doldurucu sərhəddində qarşılıqlı təsirinə eyni mənşəli olmasını təsdiq edir.

Kompozitlərin tərkibində GaAs və GaAs<Te> əlavələrinin miqdarının artması ilə həm düz, həm də çəp optik keçidlər halında qadağan olunmuş zonaların eninin qanunauyğun olaraq dəyişməsi əlavələrin elektrik müqavimətlərinin və qadağan olunmuş zonalarının eninin matrisanın qadağan olunmuş zonasının enindən fərqli olması ilə əlaqədar ola bilər.

1. M.I.Aliev, N.N.Gadzhieva, G.B.Ahmadova. *Fourier-IR spectroscopic study of the structure of high-density polyethylene composites with semiconductor fillers GaAs and GaAs<Te>*, International journal of composite materials, **4** (2014) 1-3.
2. М.И.Алиев, Н.Н.Гаджиева, Г.В.Ахмедова. *КР-фурье-спектроскопическое исследование структуры полиэтиленовые композитных пленок GaAs и GaAs<Te>*, Высокомолекулярные соединения, серия А, **58** (2016) 293-297.

3. M.V.Kurik. *Urbach rule*, *Phys. Stat. Sol(a)*, **8** (1971) 945-134.
4. В.Д.Карак. *Теория длинноволнового края поглощения в диэлектриках, Правило Урбаха, ФТТ*, **17** (1975) 2578-2581.
5. А.С.Иоселевич. *Хвост оптического поглощения в полярных кристаллах и правило Урбаха, ЖЭТФ*, **4** (1981) 1508-1527
6. B.Bosacchi, Y.E.Robinson, *Urbach's rule in polar semiconductors, Sol. State Comm.*, **14** (1972) 797-803.

OPTICAL PROPERTIES OF HDPE/GaAs and YSPE/GaAs<Te> COMPOSITES

N.N.GADZHIEVA, E.M.QODJAYEV, G.B.AHMADOVA, F.G.ASADOV

Optical absorption has been studied in composites containing HDPE / x mass.% GaAsTe (x=0; 2; 6) and HDPE\ x mass.%GaAs (x=0; 2; 6). The frequency dependence of the absorption coefficient and α^2 for each composition was studied. Based on the experimental results obtained, the width of the forbidden zones as well as the energies of direct and indirect transitions were calculated.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ ПЭВП/ GaAs и ПЭВП/ GaAs<Te>

Н.Н.ГАДЖИЕВА, Ф.М.ГОДЖАЕВ, Г.Б.АХМЕДОВА, Ф.Г.АСАДОВ

Исследовано оптическое поглощение в композитах состава ПЭВП/х/масс.%GaAsTe (х=0;2;6) и ПЭВП/хмасс.%GaAs (х=0;2;6). Исследованы частотные зависимости коэффициента поглощения и α^2 . На основе полученных экспериментальных результатов рассчитаны ширины запрещенных зон и энергии прямых и косвенных переходов.