

FİZİKA

UOT 621.38

ELEKTRİK SAHƏSİNİN $Cu_3In_5S_9$ MONOKRİSTALININ
OPTİK SABİTLƏRİNƏ TƏSİRİ

L.H.HƏSƏNOVA, Ə.Z.MƏHƏMMƏDOV

Bakı Dövlət Universiteti
ludmilahasanova@mail.ru

$Cu_3In_5S_9$ monokristal layvari quruluşlu olduğundan, onun optik xassələri anizotropiyaya malikdir. Ona görə optik xassələrə elektrik sahəsinin təsiri ilə bir sıra maraqlı qanunauyğunluqlar gözlənilir. İşdə $Cu_3In_5S_9$ kristalında kvadratik elektrooptik effekt (Kerr effekti) tədqiq olunmuşdur.

Açar sözlər: dispersiya, elektrooptik effekt, ikiqatsınma

Son illər mis halkogenidləri öz maraqlı fiziki xassələrinə görə tədqiqatçıların diqqətini cəlb edir [1]. İkiqat birləşmələrlə yanaşı onların sırasına mürəkkəb üçqat birləşmələr də daxil olmuşdur. $CuInS_2 - In_2S_3$ sisteminin öyrənilməsi bu aralıqda bir neçə birləşmənin alındığını ($CuIn_5S_8$, $CuIn_5S_{11}$, $Cu_3In_5S_9$) göstərmişdir [2]. Onlardan $Cu_3In_5S_9$ fiziki xassələrinə görə diqqəti daha çox cəlb edir [3]. Onun ərimə temperaturu $1083\text{ }^{\circ}\text{C}$ olub layvari quruluşa malikdir və asanlıqla güzgü səthinə malik olan laylara ayrılır. Bu lay daxilində dayanıqlı kovalent rabitənin, laylar arasında isə zəif Van-der-Vaals rabitəsinin olması ilə izah edilir. $Cu_3In_5S_9$ birləşməsinin kristallik strukturu $D_{6h}^1 - (P6/mmm)$ fəza qrupuna daxildir.

Bütün layvari kristallar kimi, baxılan kristalda da optik və elektrik xassələrinin anizotropiyası ilə əlaqədar elektrik sahəsinin təsiri ilə udma sərhədinin ətrafında bir sıra maraqlı qanunauyğunluqlar müşahidə etmək olar. Bu məqsədlə $Cu_3In_5S_9$ monokristalında kvadratik elektrooptik effekt tədqiq olunmuşdur. Müəyyən olunmuşdur ki, udma sərhədində eksiton xətti varsa, elektrik sahəsinin təbiiqi eksiton xəttinin dəyişməsinə (onun genişlənməsinə və sürüşməsinə) səbəb olur.

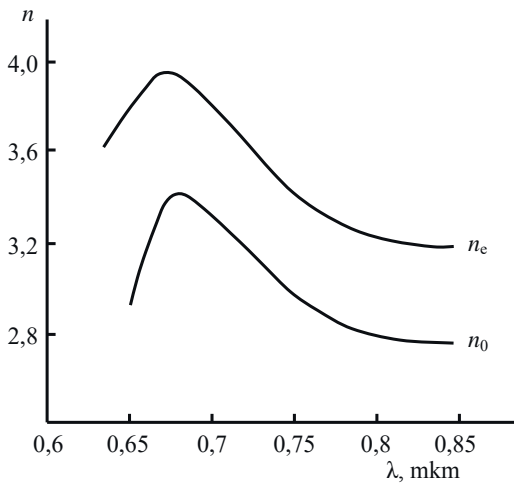
Kramers-Kroniq münasibətinə görə elektrik sahəsinin təsiri ilə sındırma əmsalı dəyişməlidir, bu dəyişmə də çox zaman eksiton mexanizmi ilə izah edilir.

Sındırma əmsalına əsasən E_g qadağan olunmuş zolağın enindən böyük olan zonalarası keçidlərə təsir etdiyindən xarici elektrik sahəsində sındırma əmsalının dəyişməsi ya yüksəkenerjili səviyyələrə keçidlə, ya da eksiton mexanizmi ilə izah oluna bilər. Şəkil 1-dən görüldüyü kimi sındırma əmsalı udma sərhədinə ($E_g=1,45$ eV) yaxınlaşdıqca artır, sonra isə kristalın üzərinə düşən fotonun enerjisi artdıqca azalır, başqa sözlə sındırma əmsalının dispersiyası müşahidə olunur.

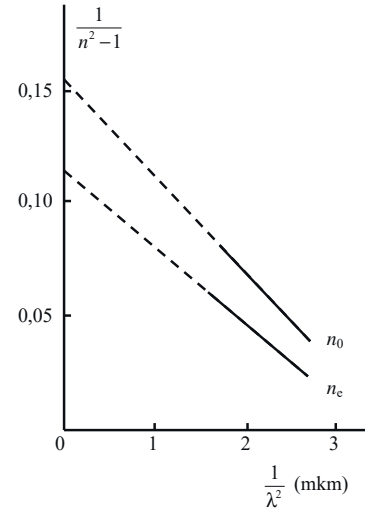
Məlumdur ki, sındırma əmsalı düşən işığın dalğa uzunluğu ilə Zelmeyer münasibəti ilə əlaqədardır:

$$n^2(\lambda) - 1 = \frac{S_0 \lambda_0^2}{1 - \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2} \quad (1),$$

burada λ_0 – ossilyatorun orta vəziyyəti, S_0 – ossilyatorun orta gücüdür. S_0 və λ_0 parametrlərini təcrübi olaraq $\frac{1}{n^2 - 1} \sim f\left(\frac{1}{\lambda^2}\right)$ asılılığından tapmaq olur (şəkil 2).



Şəkil 1. $Cu_3In_5S_9$ monokristalının adi (1) və qeyri-adi (2) şüalarla dispersiya əyriləri.



Şəkil 2. $\frac{1}{n^2 - 1}$ -in $\frac{1}{\lambda^2}$ -dan asılılığı.

Bir çox biroxlı kristal üçün (o cümlədən $Cu_3In_5S_9$) «C» optik oxuna perpendikulyar (0) və paralel (e) istiqamətində sındırma əmsalının qiyməti hesablanır (cədvəl 1).

Cədvəl 1

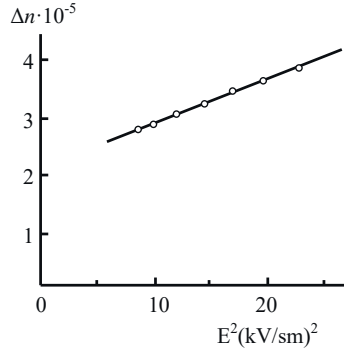
n	S (sm ⁻¹)	λ (sm)
n_0	$0,92 \cdot 10^{12}$	$3,07 \cdot 10^{-5}$
n_e	$0,83 \cdot 10^{12}$	$2,84 \cdot 10^{-5}$

Nümunənin üzərinə düşən işığı «C» oxu istiqamətində yönəldildikdə müşahidə olunan fazalar fərqi aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$\Gamma = \frac{2\pi d \Delta n}{\lambda} \quad (2),$$

burada d – optik yolun uzunluğu, λ – dalğa uzunluğu, Δn – elektrik sahəsinin tətbiqi zamanı ikiqat şüa sınmasının dəyişməsidir.

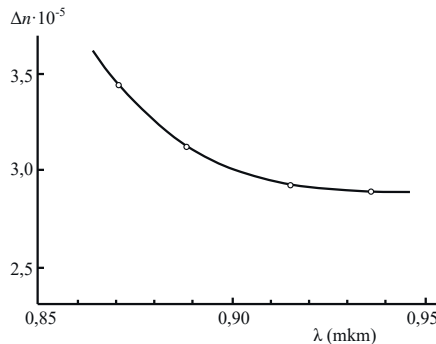
$Cu_3In_5S_9$ monokristalında məcburi ikiqatsınmanın tətbiq olunan sahədən asılılığı tətbiq olunan sahə intervalında kvadratik olur. Məcburi ikiqatsınmanın işarəsi sahənin istiqaməti dəyişdikdə dəyişmir (sabit sahə halında). Bu isə bir daha elektrooptik effektinin kvadratik olduğunu təstiq edir (şəkil 3). Şəkildə Δn -in E^2 -dan asılılığı verilmişdir.



Şəkil 3. Δn -in tətbiq olunan sahədən asılılığı ($\lambda=0,85$ mkm).

Tədqiq olunan kristal «C» oxu istiqamətində təbii ikiqatsındırmaya malik olduğundan Δn koordinat başlanğıcından keçmir (şəkil 1).

Bundan başqa məcburi ikiqatsındırmanın nümunənin üzərinə düşən işığın enerjisindən asılılığı öyrənilmişdir. Ölçmələr göstərir ki, fotonun enerjisi artdıqca və əsas udma sərhəddinə yaxınlaşdıqca Δn artır (şəkil 4). Həmçinin müəyyən olunmuşdur ki, sabit sahənin və dəyişən elektrik sahəsinin təsiri ilə ölçülən Δn -in qiymətləri bir-birindən fərqlənir və bu fərq udma sərhəddinə yaxınlaşdıqca artır. Bunu onunla izah etmək olar ki, sabit sahə halında elektrik sahəsi bərabər paylanmır. Udma sərhəddində fotoeffektin müşahidə olunması işıq şüalarının sərhəddində həcmi yüklərin toplanmasını göstərir. Belə ki, şüanın təsiri ilə yaranan elektron-deşik cütləri şüanın ətrafında həcmi yüklər yaradır ki, onlar da kristalda daxili sahəni azaldır.



Şəkil 4. Δn -in işığın dalğa uzunluğundan asılılığı ($E=3,5$ kV/sm).

ƏDƏBİYYAT

1. Huseynov A.G., Kyazim-zade A.G., Salmanov V.M., Mamedov R.M., Salmanova A.A., Hasanova L.G., Mahammadov A.Z. Features of Laser-Induced Luminescence and Photoconductivity of Layered $Cu_3In_5S_9$ Crystals. *Optics and Spectroscopy*, 2016, Vol. 121, No. 6, pp. 897–900.
2. Тагиров В.И., Гахраманов Н.Ф., Гусейнов А.Г. Новый класс тройных полупроводниковых соединений типа $A_3^I B_5^{III} C_9^{VI}$. – Баку, - 2001. - 303 с.
3. Həsənova L.H., Məhəmmədov Ə.Z., Əhməd A.Ə. Elektron şüalanmasının $Cu_3In_5S_9$ monokristalının elektrik xassələrinə təsiri. *Elmi əsərlər*, - №2, 2018.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ МОНОКРИСТАЛЛА $Cu_3In_5S_9$

Л.Г.ГАСАНОВА, А.З.МАГОМЕДОВ

РЕЗЮМЕ

Монокристалл $Cu_3In_5S_9$ является слоистым кристаллом, поэтому, как и во многих слоистых кристаллах, можно ожидать ряд интересных закономерностей, связанных с анизотропией оптических и электрических свойств, влиянием электрического поля на оптические свойства и поведение оптических постоянных вблизи края оптического поглощения. Поэтому исследован квадратичный электрооптический эффект.

Измерено индуцированное двулучепреломление, а также его зависимость от напряжения электрического поля и от энергии падающих фотонов. Обнаружен фотоэффект на границе собственного поглощения. В кристаллах имеет место квадратичный электрооптический эффект.

Ключевые слова: дисперсия, электрооптический эффект, двойное преломление

INFLUENCE OF ELECTRIC FIELD ON OPTICAL CONSTANTS OF $Cu_3In_5S_9$ SINGLE CRYSTAL

L.G.HASANOVA, A.Z.MAHAMMADOV

SUMMARY

The $Cu_3In_5S_9$ single crystal is a layered crystal; therefore, as in many layered crystals, a number of interesting regularities can be expected related to the anisotropy of the optical and electrical properties, the influence of the electric field on the optical properties and the behavior of optical constants near the optical absorption edge. Therefore, the quadratic electro-optical effect is investigated.

Measured induced birefringence, as well as its dependence on the voltage of the electric field and on the energy of the incident photons. A photo effect was found at the boundary of its own absorption. A quadratic electro-optical effect takes place in crystals.

Keywords: dispersion, electro-optical effect, double refraction