

UOT 621.38

 $Cu_3In_5S_9$ MONOKRİSTALINDA AŞQAR UDMA

L.H.HƏSƏNOVA, Ə.Z.MƏHƏMMƏDOV

Bakı Dövlət Universiteti
ludmilahasanova@mail.ru

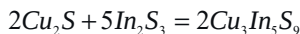
Mürəkkəb yarımkeçirici birləşmə $Cu_3In_5S_9$ monokristalında aşqar udma öyrənilmişdir. Baxılan kristal, analoqu olduğu $A_2^III B_3^VI$ kristalları kimi, defekt quruluşludur, kristaldakı defektlər yüksək konsentrasiyaya malik olduğundan, qadağan olunmuş zonada müəyyən səviyyələr yaradır, onlar da rekombinasiya prosesində güclü təsir etdiyindən yarımkeçiricinin fotokeçiriciliyində və fotoluminissensiyasında mühüm rol oynayır.

Açar sözlər: aşqarlar, defektlər, optik udma.

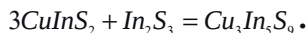
Almazabənzər yarımkeçiricilər bir sıra fiziki xassələrinə, yükdaşıyıcıların, yürüklüyün böyük olmasına, həmçinin fotoelektrik və termoelektrik xassələrinə görə tədqiqatçıların diqqətini cəlb edir. Sfalerit və vürsit tipli normal struktura malik yarımkeçirici birləşmələrlə yanaşı defekt quruluşlu yarımkeçirici birləşmələrin öyrənilməsinə də böyük diqqət yetirilir. Belə yarımkeçirici birləşmələrdən biri də $A_3^I B_5^III C_9^VI$ tip maddələrdir [1].

Baxılan işdə $Cu_3In_5S_9$ birləşməsində aşqar udma öyrənilmişdir. Birləşmə ona görə maraq kəsb edir ki, xalkogen atomları böyük olduğundan həmişə n-tip keçiriciliyə malik olur, günəş spektri diapazonunda böyük udma əmsalına malikdir ki, bu da $Cu_3In_5S_9$ nümunələrinin üzərinə düşən günəş şüalarının udulmasını əlverişli edir. Bundan başqa defektlərin konsentrasiyasının böyüklüyü kristalın yüksək radiasiya dözümlüyyəsinə səbəb olur.

$Cu_3In_5S_9$ kristalının əmələ gəlməsini aşağıdakı reaksiyalarla təsvir etmək olar:



və ya

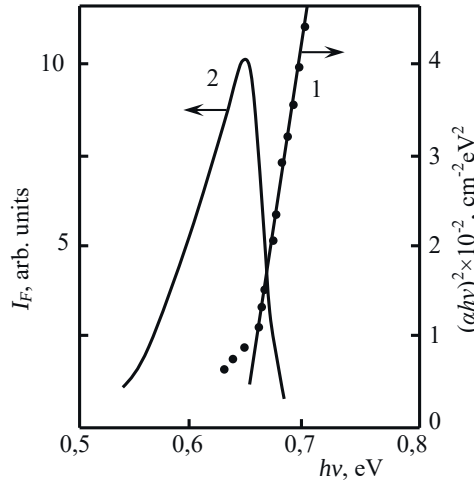


Adətən, ikiqat və üçqat xalkogenid birləşmələrin sintezi zamanı onlar asan uçucu komponentlərə malik olduğundan sintez olunan ampulanın

daxilində böyük buxar təzyiqi yaranır və təzyiqi azaltmaq üçün ampulanın soyudulduğu xüsusi sobalardan istifadə olunur.

İstifadə olunan monokristallar isə yavaş soyutma üsulu ilə göyərdilmişdir. Bu üsulun üstünlüyü ondan ibarətdir ki, baxılan halda nə soba, nə də ampula hərəkət etmir və göyərmə prosesində ampulanın mexaniki silkələnməsinin qarşısı alınır, dəyişən yalnız sobanı qidalandıran cərəyan olur. Baxılan üsulla iri, təkmil metallik parıltıya və layvari quruluşa malik $Cu_3In_5S_9$ monokristalları alınmışdır, o monoklin struktura malik olub, parametrləri $a=6,60$; $b=6,96$; $c=8,12$ Å⁰; $\beta=89^\circ$; $z=1$.

$Cu_3In_5S_9$ monokristalında aşqar udma $0,8 \div 1,5$ mkm oblastda tədqiq olunmuşdur. Udma əmsalı müxtəlif qalınlıqlı nümunələrdə şəffaflığı ölçməklə təyin olunmuşdur. Maddə layvari olduğundan eyni nümunədən ardıcıl qopartma üsulu ilə müxtəlif qalınlıqları almaq olar. Baxılan oblastda aşqar udma müşahidə olunur (şəkil 1). Təcrübi nəticələr $\alpha \sim (h\nu - E_g + E_D)^{1/2}$ asılılığına əsasən araşdırılmışdır.



Şəkil 1. $Cu_3In_5S_9$ monokristalında aşqar udmanın (1 əyrisi) və aşqar fotoluminensiyanın (2 əyrisi) enerjidən asılılığı.

Belə ki, [2] işində göstərilmişdir ki, elektronların valent zonasından boş donor səviyyəsinə keçid aşağıdakı düsturla xarakterizə olunur:

$$\alpha = A \frac{N_D}{1 + \exp\left(\frac{E_F - E_D}{kT}\right)} \cdot \frac{(h\nu - E_g - E_D)^{1/2}}{h\nu}.$$

Bu ifadə keçirici zona parabolik quruluşa, $m_n \gg m_p$ və E_F Fermi səviyyəsi E_D ətrafında yerləşdiyi halda doğrudur. A – sabit, N_D – donor aşqarların konsentrasiyasıdır.

Verilmiş düsturdan görünür ki, enerji şkalasında udmanı qabaqlayan aşqar udmanın enerjiden asılılığı icazə verilmiş zonalararası məxsusi düz keçidlərdə olduğu kimidir. Lakin aşqar udma halında udma əmsalı məxsusi udma halındakına nisbətən xeyli kiçikdir. Udma spektrində alınmış xəttin absis oxuna qədər ekstrapolyasiyasından 0,65 eV qiyməti alınmışdır. Aşqar udma temperaturdan çox asılı olur. Bu xüsusiyyətini araşdırmaq üçün nümunələr ölçmələrdən əvvəl 77 K temperaturalarda qaranlıqda saxlanılmışdır. Bu halda praktiki olaraq aşqar udma müşahidə olunmamışdır. Lakin nümunələri $h\nu \gg E_g$ enerjili işıqlandırdıqda aşqar udma müşahidə olunur və qaranlıqda saxlama müddəti artdıqca udma zəifləyir. Bu onunla izah olunur ki, qaranlıqda saxlanılmış nümunələrin qadağan olunmuş zolağının ortasına yaxın yerləşmiş aşqar səviyyələri 77 K-da, demək olar ki, boşdur. Müşahidə olunan hadisə həmin dalğa uzunluğunda $Cu_3In_5S_9$ monokristalında məcburi aşqar fotokeçiriciliyin, infraqırmızı sönmənin, temperatur sönməsinin müşahidə olunması faktı ilə uyğunlaşır [3].

Qeyd etmək lazımdır ki, $Cu_3In_5S_9$ monokristalının udma sərhəddində məxsusi lüminessensiya müşahidə olunmur, lakin 77 K temperaturda aşqar fotolüminessensiya müşahidə olunur və onun maksimumu 0,65 eV enerjiyə uyğundur. Beləliklə, aşqar udma və fotolüminessensiyanın tədqiqindən belə nəticəyə gəlmək olur ki, uzunluğunda $Cu_3In_5S_9$ monokristalında Fermi səviyyəsi ilə bağlı dərin aşqar səviyyəsi var. Bu səviyyə tədqiq olunan bütün nümunələrdə o göründüyündən, səviyyənin monokristalın strukturundakı defektlərlə əlaqədar olduğunu demək olar.

ƏDƏBİYYAT

1. 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.
2. Уханов Ю.И. Оптические свойства полупроводников. - Москва: Наука, - 1977, - 360 с.
3. Həsənova L.H., Məhəmmədov Ə.Z., Cahangirova S.Ə. $Cu_3In_5S_9$ monokristalında fotokeçiriciliyin xüsusiyyətləri. Bakı Universitetinin xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, - 2019, - №3, - s. 156-159.

ПРИМЕСНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ В МОНОКРИСТАЛЛЕ $Cu_3In_5S_9$

Л.Г.ГАСАНОВА, А.З.МАГОМЕДОВ

РЕЗЮМЕ

Исследовано примесное поглощение в монокристалле сложного полупроводникового соединения $Cu_3In_5S_9$. Рассматриваемый кристалл, как и аналогичные ему кристаллы $A_2^{III}B_3^{VI}$, имеет дефектную структуру, и поскольку дефекты в кристалле имеют высокую концентрацию они создают в запрещенной зоне определенные уровни, играющие важную роль в фотопроводимости и фотолюминесценции полупроводника.

Ключевые слова: примеси, дефекты, оптическое поглощение.

IMPURITY ABSORPTION IN A $Cu_3In_5S_9$ SINGLE CRYSTAL

L.G. HASANOVA, A.Z. MAHAMMADOV

SUMMARY

Impurity absorption in a single crystal of a complex semiconductor compound $Cu_3In_5S_9$ has been studied. The crystal under consideration, like similar $A_2^{III}B_3^{VI}$ crystals, has a defect structure, and since the defects in the crystal are highly concentrated, they create certain levels in the band gap, which play an important role in the photoconductivity and photoluminescence of the semiconductor.

Keywords: impurities, defects, optical absorption