



AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ PREZİDENTİ YANINDA ELMİN İNKİŞAFI FONDU

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondu
və Belarus Respublika Fundamental Tədqiqatlar Fondunun
qrantların verilməsi üzrə 2-ci Azərbaycan-Belarus birgə beynəlxalq
müsabiqəsinin(EİF-BGM-3-BRFTF-2+/2017) qalibi olmuş
layihənin yerinə yetirilməsi üzrə aralıq
(rüblük olaraq 1-ci mərhələ)

ELMİ-TEXNİKİ HESABAT

Layihənin adı: Nanoplazmonika metodları ilə kompozit materialların, mikro- və nanostrukturların yüksəkhəssaslı spektroskopik tədqiqatları

Layihə rəhbərinin soyadı, adı və atasının adı: Əjdərov Hüsnu Xəlil oğlu

Qrantın məbləği: **42 400 manat**

Layihənin nömrəsi: EİF-BGM-3-BRFTF-2+/2017-15/02/1-M-01

Müqavilənin imzalanma tarixi: **24 avqust 2020-ci il**

Qrant layihəsinin yerinə yetirilmə müddəti: **12 ay**

Layihənin icra müddəti (başlama və bitmə tarixi): **01 oktyabr 2020-ci il - 01 oktyabr 2021-ci il**

Layihənin I mərhələ üzrə (rüb) məbləği:

Hesabatda aşağıdakı məsələlər işıqlandırılmalıdır:

1 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə cari rübdə yerinə yetirilmiş **elmi işlər**

(burada doldurmalı)

$A^2B^3C^6_4$ ($A-Zn,Cd$; $B-In,Ga$; $C-S,Se,Te$) qrup birləşmələri üçün xarakterik olan ikili şüasınma, böyük qeyri-xətti qavrayıcılıq əmsalı, parlaq lüminessensiya, qadağan olunmuş zolağın eninin 2.5-4.5 eV olması, yüksək fəthəssaslıq kimi xassələri onların yarımkeçirici cihazlarda, xüsusilə də, qeyri-xətti çeviricilərdə istifadəsinə imkan verir.

Buna görə bu birləşmələrin alınması texnologiyasının işlənməsi, alınan nümunələrin identifikasiyası (xarakterizə edilməsi rentgen diffraksiya və raman səpilməsi usulları ilə), optik xassələrin öyrənməsi müasir fizikanın aktual məsələlərindəndir.

Tədqiq olunan birləşmələr qaz köçürmə metodu ilə alınmışdır və $ZnGa_2S_4$ monokristalları ağımtıl rəngli, $CdGa_2S_4$ monokristalları isə sarı rəngdədir.

$CdGa_2S_4$, $ZnGa_2S_4$ kristallarınıda işığın raman səpilməsi spektrləri *Nanofinder 30* (*Tokyo Instr., Japan*) Konfokal Raman Mikrospektrometrində ölçülmüşdür. Həyəcanlaşdırıcı

mənbə kimi $\lambda=532$ nm dalğa uzunluqlu və 10 mVt gücünə malik Nd:YAG lazerin ikinci harmonika generasiyasından istifadə olunmuşdur. Spektral ayırdetmə 1800 xətt/mm spektrometr qəfəsinə uyğun olaraq $0,5 \text{ cm}^{-1}$ təşkil edir. Səpilən şüalanma detektoru fotonları hesablama rejimində işləyən və -100°C -yə qədər soyudulan CCD kamerasıdır. Spektrlərin ölçülməsi perpendikulyar olaraq geriye səpilmə istiqamətində həyata keçirilmişdir.

CdGa_2S_4 , ZnGa_2S_4 monokristalların əsasında optoelektron cihazların stabil işlənməsi üçün monokristallardan hazırlanmış nümunələr bircinsli olmalıdır. Kristal səthinin bircinsliyini müəyyən etmək üçün Konfokal Raman Mikrospektrometrinin kristalın səthinin optik skanlanması (xəritələnməsi – az., mapping-engl.) kimi imkanından istifadə edilmişdir. zamanı Xəritələnmə zamanı lazer şuası skanlanma yolu ilə 3 mkm addımlı ilə seçilmiş ərazisində hər nöqtədən Raman spekri alınır və seçilmiş intensiv tezlikli fonon üçün, məsələn, xəttin spektral yeri yoxlanılır. Yüksək səviyyəli bircinsli kristallarda xəttin spektral yeri bütün nöqtələrdə eyni olmalıdır.

Xəritələnmə ən intensiv tezlikli fonon üçün spektral xəttin yarımənə (FWHM) və xəttin spektral yerinə görə kristal səthinin $50 \text{ mkm} \times 50 \text{ mkm}$ sahəsində aparılmışdır.

CdGa_2Te_4 monokristallar üçün elektron, optik və fonon xassələrin xüsusiyyətləri spektral ellipsometriya, Raman səpilməsi (RS) və infraqırmızı (İQ) spektroskopiyası, həmçinin nəzəri olaraq sıxlıq funksional nəzəriyyəsi (DFT) istifadə edilərək tədqiq edilmişdir. Səkkiz Raman aktiv moda və on iki IR aktiv moda nöqtə simmetriya qrupu nəzərə alınaraq müəyyən edilib.

Elektron spektrin və enerji xalların sıxlığının təhlili əsasında bu yarımkəçirici birləşmədə kimyəvi əlaqələrin təbiəti müəyyən edilmişdir. Nəzəri hesablanmış nəticələr bu işin eksperimental nəticələri ilə və infraqırmızı spektroskopiyaya və Raman işığının səpələnməsi üsulları ilə əldə edilmiş ədəbiyyatda mövcud olan eksperimental məlumatların nəticələri ilə müqayisə olunur.

2 Layihənin həyata keçirilməsi üzrə planda nəzərdə tutulmuş işlərin yerinə yetirilmə dərəcəsi (cari rüb üçün, faizlə qiymətləndirməli)

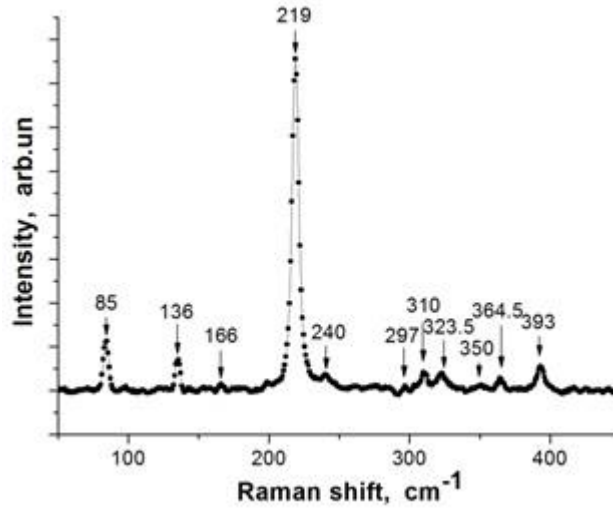
(burada doldurmalı)

İşin ümumi həcmdən 15%.

3 Hesabat dövründə alınmış **elmi nəticələr**, onların yenilik dərəcəsi

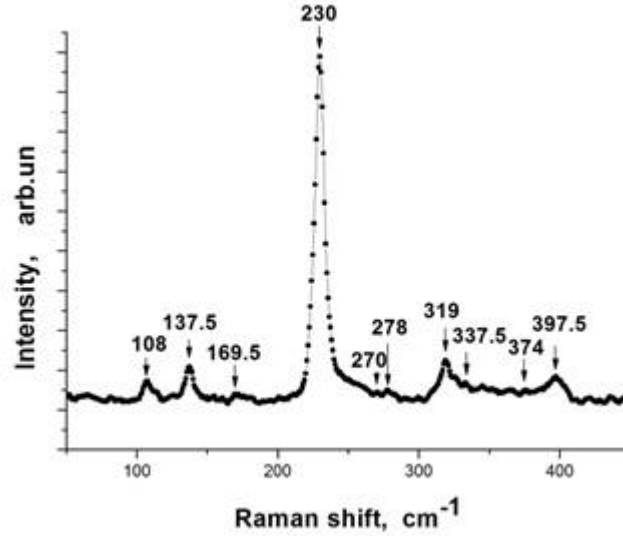
(burada doldurmalı)

1. Müəyyən olunmuşdur ki, CdGa_2S_4 kristalı üçün Raman tezlikləri 219 cm^{-1} , 310 cm^{-1} , 350 cm^{-1} , 85 cm^{-1} , 136 cm^{-1} , 166 cm^{-1} , 240 cm^{-1} , 297 cm^{-1} , 323.5 cm^{-1} , 364.5 cm^{-1} , 393 cm^{-1} təşkil edir (şəkil 1). Şəkil 1-dən görünürki ən intensiv 219 cm^{-1} tezlikli fonondur.



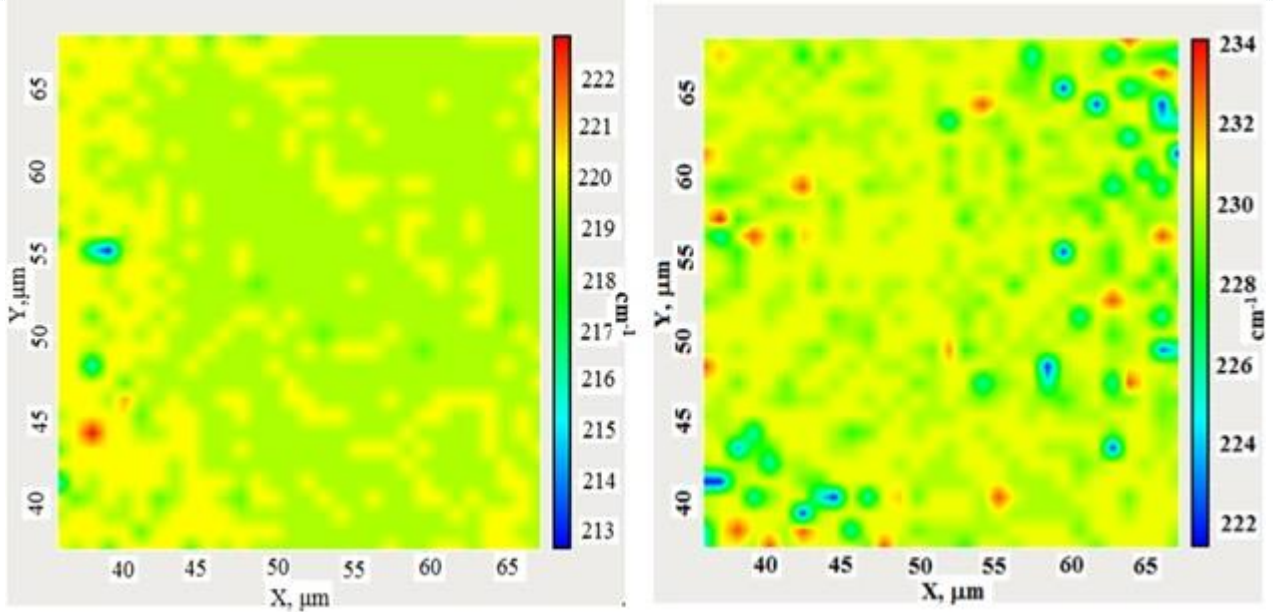
Şəkil 1. $CdGa_2S_4$ monokristallın Raman spektri.

2. Müəyyən olunmuşdur ki, $ZnGa_2S_4$ kristalı üçün Raman tezlikləri 230cm^{-1} , 319cm^{-1} , 108cm^{-1} , 137.5cm^{-1} , 169.5cm^{-1} , 270cm^{-1} , 278cm^{-1} , 337.5cm^{-1} , 374cm^{-1} , 397.5cm^{-1} təşkil edir. Şəkil 2-dən görünürki ən intensiv 230cm^{-1} tezlikli fonondur.



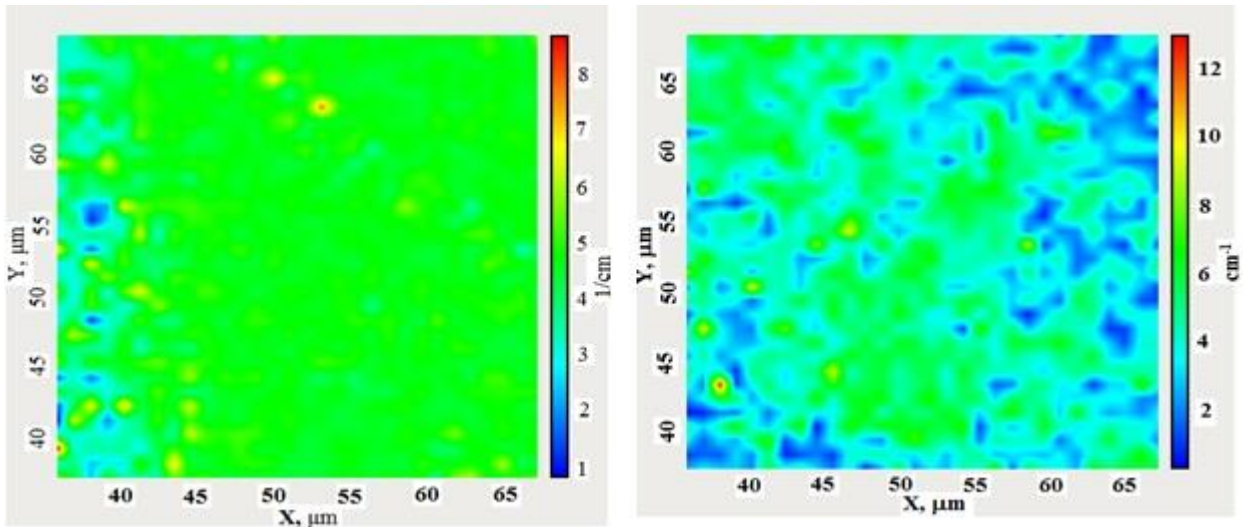
Şəkil 2. $ZnGa_2S_4$ monokristallın Raman spektri.

3. Şək.3-də $CdGa_2S_4$ və $ZnGa_2S_4$ kristallarının səthinin xəritələnməsinin 2D təsvirləri verilmişdir. Xəritələnmə ən intensiv 219cm^{-1} və 230cm^{-1} tezlikli fonon üçün spektral xəttin spektral yerinə görə kristal səthinin $50\text{mkm}\cdot 50\text{mkm}$ sahəsində aparılmışdır. Şəkildən görüldüyü kimi $CdGa_2S_4$ kristalının səthi nəzərə $ZnGa_2S_4$ daha çox bircinsdir (daha bir rənglidir).



Şəkil 3. $CdGa_2S_4$ (solda) və $ZnGa_2S_4$ (sağda) kristallarının spektral xəttinin yerinə görə xəritələnməsinin 2D təsvirləri.

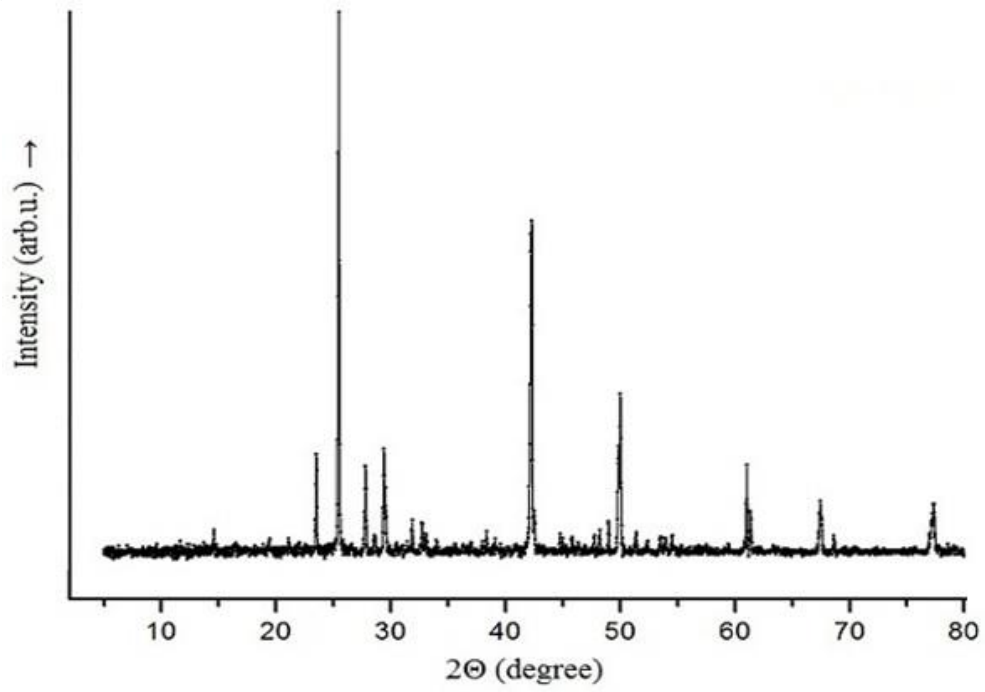
4. Şək.4-də $CdGa_2S_4$ və $ZnGa_2S_4$ kristallarının səthinin xəritələnməsinin 2D təsvirləri verilmişdir. Xəritələnmə ən intensiv 219 cm^{-1} və 230 cm^{-1} tezlikli fonon üçün spektral xəttin yarımənə (FWHM) görə kristal səthinin $50\text{ mkm}\cdot 50\text{ mkm}$ sahəsində aparılmışdır. Şəkildən görüldüyü kimi $CdGa_2S_4$ kristalının səthi nəzərən $ZnGa_2S_4$ daha çox bircinsdir (daha bir rənglidir).



Şəkil 4. $CdGa_2S_4$ (solda) və $ZnGa_2S_4$ (sağda) kristallarının spektral xəttin yarımənə (FWHM) görə xəritələnməsinin 2D təsvirləri.

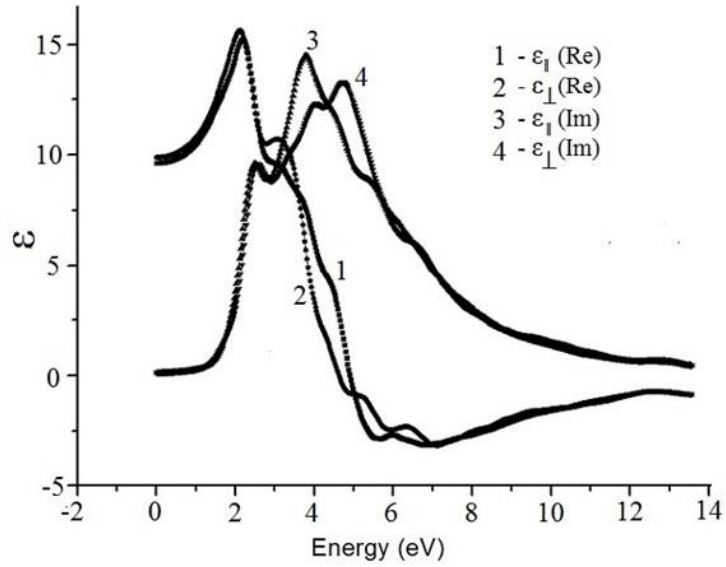
5. 3 və 4 şəkillərdən görüldüyü kimi $ZnGa_2S_4$ kristalının səthi $CdGa_2S_4$ nəzərən daha çox qeyri-bircinsdir.

6. Rentgen difraksiyası tədqiqatları (şəkil 5) göstərir ki, qaz köçürmə metodu ilə alınmış kristallar $CdGa_2Te_4$ birləşməsinə aiddir.



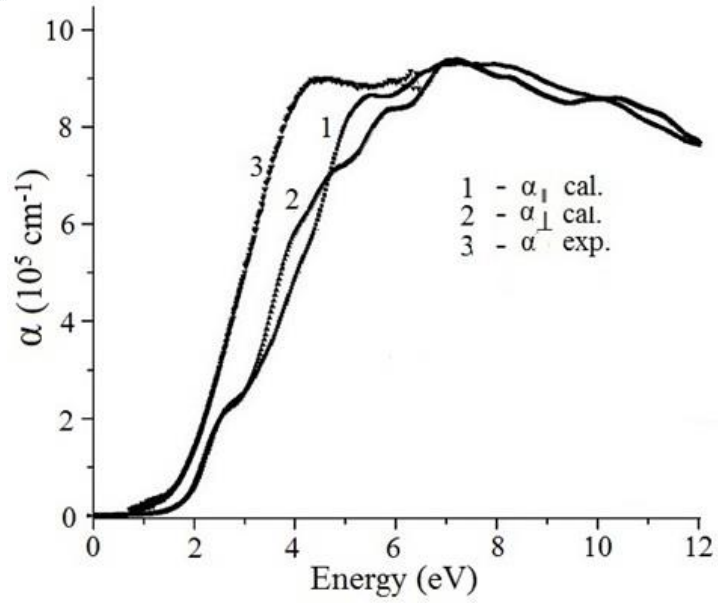
Şəkil 5. $CdGa_2Te_4$ birləşməsinin rentgen difraktoqramması.

7. Spektral ellipsometriya ölçülərdən hesablanmış $CdGa_2Te_4$ dielektrik funksiyasının həqiqi və xəyali hissələrin dispersiyası təyin olunub.



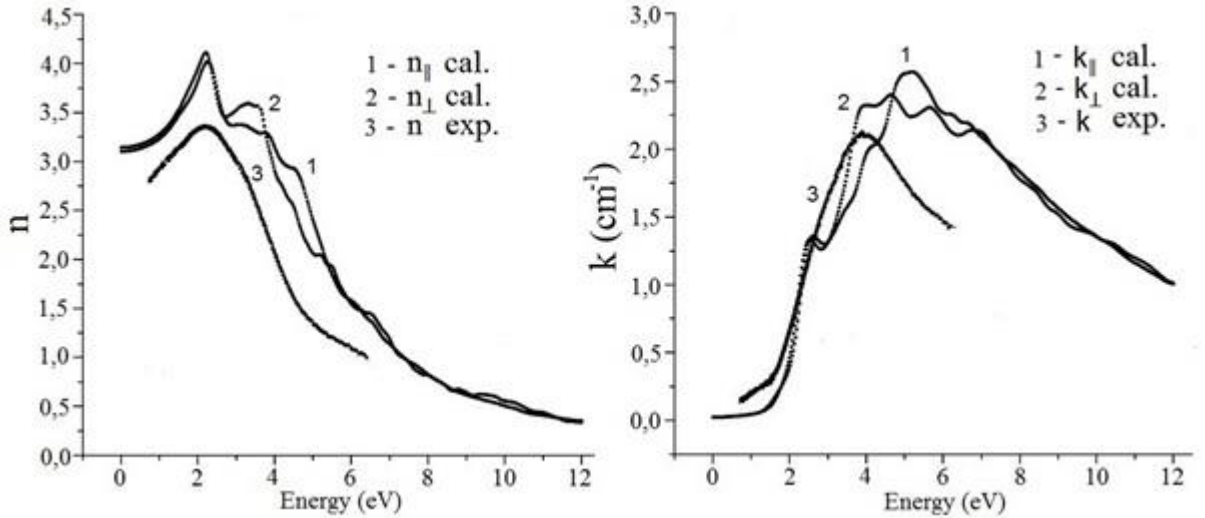
Şəkil 6. $CdGa_2Te_4$ monokristalların dielektrik funksiyasının ϵ həqiqi (Re) və xəyali hissələri (Im) (\parallel - tetragonal ox boyunca, \perp - tetragonal oxu c perpendicular)

8. Nəzəri hesablanmış $CdGa_2Te_4$ monokristalların udulma spektri experimental ölçülərə uyğundur (şəkil 7).



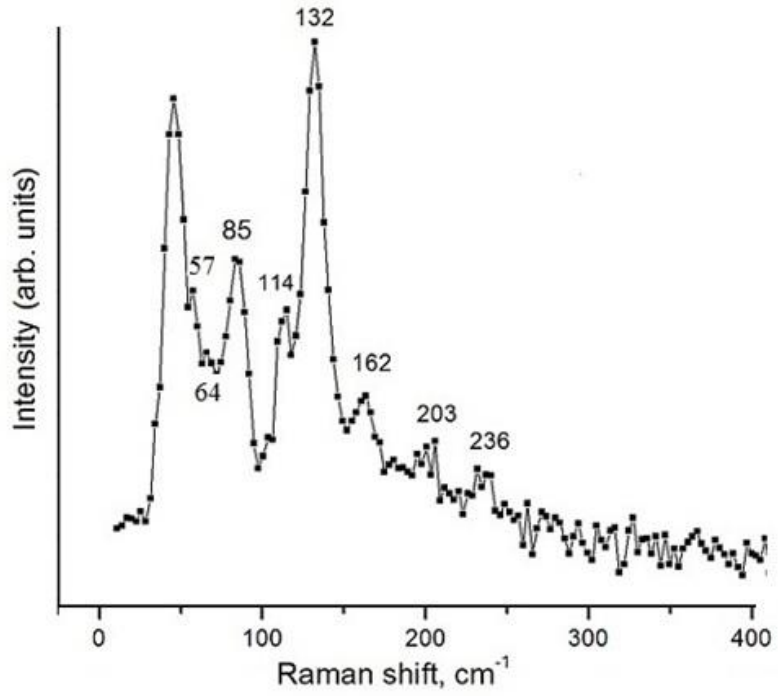
Şəkil 7. $CdGa_2Te_4$ monokristalların nəzəri hesablanmış və experimental alınmış udulma spektrləri.

9. Nəzəri hesablanmış $CdGa_2Te_4$ monokristalların sındırma n və ekstinksiya k əmsallarının dispersiyası experimental ölçülərə uyğundur (şəkil 8).



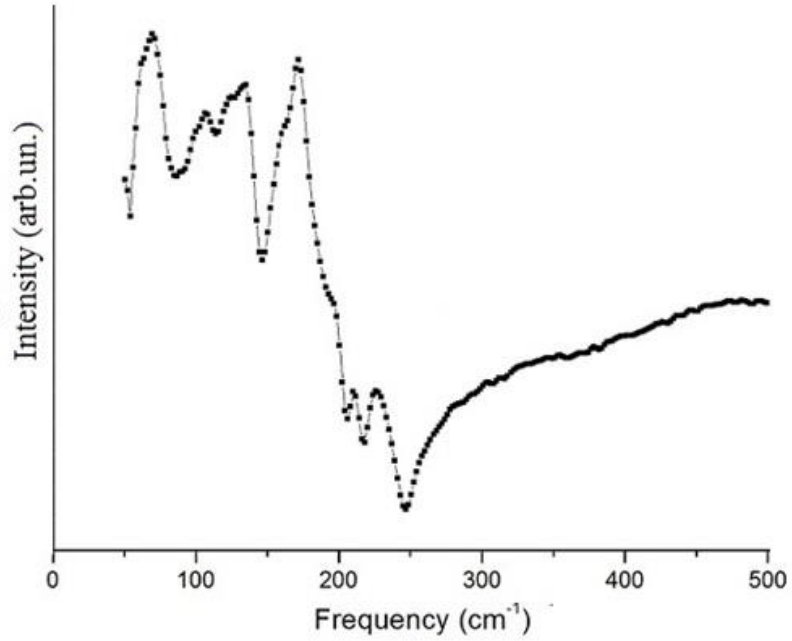
Şəkil 8. $CdGa_2Te_4$ monokristalların nəzəri hesablanmış və experimental alınmış sındırma n (solda) və ekstinksiya k əmsallarının (sağda) dispersiyası.

10. Müəyyən olunmuşdur ki, $CdGa_2Te_4$ kristalı üçün Raman tezlikləri $50cm^{-1}$, $57cm^{-1}$, $64cm^{-1}$, $85cm^{-1}$, $114cm^{-1}$, $132cm^{-1}$, $162cm^{-1}$, $203cm^{-1}$, $236cm^{-1}$ təşkil edir (şəkil 9). Şəkil 9-dan görünürki ən intensiv $132 cm^{-1}$ tezlikli fonondur.



Şekil 9. $CdGa_2Te_4$ monokristallın Raman spektri.

11. İnfra kırmızı eksetdirmə spekrlərindən (şəkil 10) İQ – aktiv fononların tezlikləri müəyyən olunub. Bu tezliklər 50-300 cm^{-1} intervalına düşür.



Şekil 10. $CdGa_2Te_4$ monokristallın İnfra kırmızı eksetdirmə spektri.

4	Layihənin yerinə yetirilməsi zamanı istifadə olunan üsul və yanaşmalar
	<p><i>(burada doldurulmalı)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tədqiq olunan birləşmələr qaz köçürmə metodu ilə alınmışdır. 2. Birləşmələrin optik xassələrin (raman səpilməsi və fotoluminessensiya) tətqiqi üçün konfokal mikrospektrometri istifadə olunub. Belə bir usul imkan verirki, kristalların hansı nöqtəsi hayacanlaşdırılırsa ancaq həmin nöqtədən səpilməmiş sua detektorla qeyd olunur. 3. Kristal səthinin bircinsliyini müəyyən etmək üçün konfokal raman mikrospektrometrinin kristalın səthinin optik skanlanması (xəritələnməsi – az., mapping-engl.) kimi imkanından üsulundan istifadə edilmişdir. 4. Eksperimental optik nəticələri izah etməyə üçün nəzəri sıxlıq funksional nəzəriyyəsi (DFT – engl.) istifadə olunub.
5	<p>Layihə üzrə elmi nəşrlər (məqalələr, monoqrafiyalar, icmallar, konfrans materialları, tezislər) (dərç olunmuş, çapa qəbul olunmuş və çapa göndərilmişləri ayrılıqda qeyd etməklə) <i>(surətlərini əlavə etməli!)</i></p> <p><i>(burada doldurulmalı)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bir məqalə Rusiyaya “Fizika tverdogo tela” jurnalına çap olunub. Məqalə “<i>Ab initio</i> və eksperimentalное исследование электронных, оптических и колебательных свойств $CdGa_2Te_4$”- З.А. Джахангирли, Т.Г. Керимова, И.А. Мамедова, С.А. Набиева, Н.А. Абдуллаев, Физика твердого тела, 2020, том 62, вып. 8, стр. 1270-1277. https://journals.ioffe.ru/articles/viewPDF/49613 2. Bu məqalənin tərcüməsi Springer nəşriyyatında çıxıb. “<i>Ab Initio and Experimental Study of Electronic, Optical, and Vibrational Properties of $CdGa_2Te_4$</i>” - Z. A. Jahangirli, T. G. Kerimovaa, I. A. Mamedova, S. A. Nabieva, and N. A. Abdullayev, Physics of the Solid State, 2020, Vol. 62, No. 8, pp. 1426–1433. https://link.springer.com/article/10.1134/S1063783420080120 3. Bir məqalə də Azərbaycan AJP “Fizika” jurnalına çap olunub. Məqalə “<i>$CdGa_2S_4$ və $ZnGa_2S_4$ kristallarında işığın kombinasiya səpilməsi</i>” – X.K. Şirəliyeva, İ.Ə. Məmmədova, T.H. Kərimova, N.A. Abdullayev, AJP Fizika, 2019, vol.25, N.1, s. 3-6. http://physics.gov.az/Dom/2019/AJP_Fizika_01_2019_az.pdf
6	<p>İxtira və patentlər, səmərələşdirici təkliflər</p> <p><i>(burada doldurulmalı)</i></p> <p>Yox</p>
7	<p>Layihə üzrə ezamiyyətlər</p> <p><i>(burada doldurulmalı)</i></p> <p>Yox</p>
8	<p>Layihə üzrə elmi ekspedisiyalarda iştirak</p> <p><i>(burada doldurulmalı)</i></p> <p>Yox</p>
9	<p>Layihə üzrə digər tədbirlərdə iştirak</p> <p><i>(burada doldurulmalı)</i></p>

	Yox
10	Layihə mövzusu üzrə elmi məruzələr (seminarlar, konfranslar, dəyirmi masalar və s. çıxışlar) (burada doldurmalı) Yox
11	Layihə üzrə əldə olunmuş cihaz, avadanlıq və qurğular, mal və materiallar (burada doldurmalı) Yox
12	Yerli həmkarlarla əlaqələr (burada doldurmalı) <ol style="list-style-type: none"> 1. Azərbaycan MEA-nın G.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu, f.-r.e.d. Qəhrəmanov K. Ş. 2. Azərbaycan MEA-nın G.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu, f.-r.e.d. Abdullayev N. A. 3. Azərbaycan MEA-nın G.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu, akad., f.-r.e.d., Məmmədov N. T. 4. Azərbaycan MEA-nın G.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu, f.-r.e.d. Əmiraslanov İ. R.
13	Xarici həmkarlarla əlaqələr (burada doldurmalı) <ol style="list-style-type: none"> 1. Belarusiya MEA-nın Stepanov adına Fizika İnstitutu, f.-r.e.n. Şabunya-Klyaçkovskaya Ye.V. 2. Rusiya Elmlər Akademiyasının Proxorov adına Ümumi Fizika İnstitutu, f.-r.e.d. Denker B. İ. 3. Rusiya Elmlər Akademiyasının Bərk Cisimlər Fizikası İnstitutu, f.-r.e.d. Zverev V.N. 4. Rusiya I Petr adına Sankt Peterburg Dövlət Politeknik Universiteti, f.-r.e.d. Nemov S.A.
14	Layihə mövzusu üzrə kadr hazırlığı (burada doldurmalı) Yox
15	Sərgilərdə iştirak (burada doldurmalı) Yox
16	Təcrübəartırmada iştirak və təcrübə mübadiləsi (burada doldurmalı) Yox
17	Layihə mövzusu ilə bağlı elmi-kütləvi nəşrlər, kütləvi informasiya vasitələrində çıxışlar, yeni yaradılmış internet səhifələri və s. (burada doldurmalı) Yox

Layihə rəhbərinin imzası



Əjdərov Hüsnu Xəlil oğlu

Tarix 14.01.2021

QEYD: bütün hallarda uyğun olan bəndlər doldurulmalıdır.