

A^{III}B^{VI} TIP BİRLƏŞMƏLƏRDƏ İŞIĞIN KOMBİNASYON SƏPİLMƏ SPEKTRLƏRİ

G.N. MƏMMƏDOVA, K.K. ƏZİZOVA

Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu, Naxçıvan Dövlət Universiteti
gulsenmammadova@ndu.edu.az, kama-azizova2020@rambler.ru

Təqdim edilmiş işdə 0-500 sm⁻¹ tezlik diapazonunda InSe<Ge>, TlSe<Ge>, InGaTe₂, TlGaSe₂, Tl₂InGaSe₄ birləşmələrində işığın kombinasyon səpilmə spektrlərinin tədqiqat nəticələri göstərilmişdir. Həyəcanlanma mənbəyi kimi ikinci harmonikasında 532 nm çıxış dalğa uzunluğa malik və maksimum gücü 10 mVt olan Nd:YAG lazerindən istifadə edilmişdir. Lazerin gücünü 0,001-10 mBt diapazonunda dəyişdirmək mümkün idi. x25, x50, x100 böyütməyə malik obyektivin istifadəsi zamanı şüanın diametri fokuslanarkən bir neçə mikrona çatıb x100.

Açar sözlər: Foton, işığın kombinasyon səpilmə spektrləri, rəqsi hərəkət, işıq kvantu, kristal qəfəs.

Giriş

Məlum olduğu kimi, ətraf mühitdə yayılan işığın böyük hissəsi əks olunma və ya udulma qanunlarına uyğun olaraq udulur və ötürülür (bu proseslər dielektrik sabitinin həqiqi və xəyali hissələrinə uyğundur, xətti yaxınlaşmada isə elektrik sahəsindən asılı deyildir). İşığın çox kiçik bir hissəsi mühitdəki qeyri-bircinsliklə bütün istiqamətlərə səpələnir. Bu qeyri-bircinsliklər statik ola bilər, məsələn, kristalda dislokasiya (ışığın tezliyini dəyişmədən elastik şəkildə səpələyir) və ya dinamik ola bilər – yəni yükdaşıyıcıların sıxlıq fluktasiyaları kimi [1].

İşığın elastik səpilməsi zamanı düşən işığın kvantu udulur və səpələnmiş işıq kvantu yaranır, bu zaman kristalın həyəcanlanma kvantları yaranır və ya məhv olur. Xüsusilə işığın elastik səpilməsi təkcə qəfəs rəqslərində (titrəyişlərində) baş verə bilməz; Sərbəst və bağlı yük daşıyıcıları, plazmonlar, polaritonlar və magnonlar da işığı səpələyə bilər. Əgər düşən işığın enerjisinin bir hissəsi qəfəsin həyəcanlanma rəqslərinə (titrəyişlərinə) sərf olunursa, səpələnmiş işığın tezliyi düşən işığın tezliyindən (stoks prosesi) az olur. Əks halda enerji kristal qəfəsin rəqslərindən (antistoks prosesi) alınır və səpələnmiş işığın tezliyi düşən işığın tezliyindən böyükdür.

Səpələnmiş işığın spektrlərinin yerləşdiyi tezliklər, düşən işığın tezliyi ilə fononun öz tezliyinin "kombinasiyası"dır. Buna görə də bu səpilmə kombinasyon səpilmə adlanır. Beləliklə, qeyri-elastik səpələnmiş işıq tədqiq olunan materialın rəqsi spektri haqqında məlumat daşıyır, işığın kombinasyon səpilməsi (İKS) üçün yayılan şüalanmanın tezliyi ilə müqayisədə həyəcanlanmış şüalanmanın tezliyinin dəyişməsi ilə xarakterizə olunur; Fotoluminensensiyadan fərqli olaraq, Raman səpilməsi zamanı səpilmə sistemi qısa müddət ərzində həyəcanlanma vəziyyətinə keçmir. Bu halda həyəcanlanma vəziyyəti virtual olur [2].

Fotonun udulması $\hbar\omega_1$ hadisəsi zamanı elektron-deşik cütünün yaranmasına uyğun gələn virtual elektron keçid baş verir. Daha sonra fononun yaranması və ya məhv olması nəticəsində elektron yeni elektron-deşik cütülyünə uyğun gələn başqa virtual vəziyyətə keçir. Nəhayət, səpələnmiş foton yaymaqla $\hbar\omega_2$ elektron ilkin vəziyyətinə qaydır. Qeyd etmək lazımdır ki, infraqırmızı şüalanmadan fərqli olaraq, Raman spektrləri görünən və ya ultrabənövşəyi diapazonda xarici mo-

noxromatik elektromaqnit şüalanması ilə elektron bu-ludlarının polyarlaşması nəticəsində yaranır (şərtləndirilmişdir). Raman səpilməsinə nüvələrin induksiya edilmiş dipol momentinin modulyasiyasının nəticəsi kimi baxıla bilər.

Raman səpilməsi kristal qəfəsin rəqsi hərəkətinin iştirakı ilə baş verdiyindən, bu hadisənin köməyi ilə kristalın atom və molekullarının hərəkət dinamikası haqqında mühüm məlumatlar əldə etmək mümkündür. Kristallarda rəqslərin yayılmasının digər üsulları ilə müqayisədə işığın kombinasyon səpilməsinin üstünlüklərindən biri də tədqiqat alətinin görünən işıq olmasıdır. Bununla belə, kristallarda işığın kombinasyon səpilmə spektrlərinin müşahidəsi çətinləşir, çünki bir (vahid) elementar yuvaya düşən Raman spektrinin effektiv en kəsiyinin qiyməti 10⁻²⁷-10⁻²⁸ sm² təşkil edir və belə çıxır ki, səpələnmiş şüaların (şüalanmanın) qəbulediciyə ötürülən gücü 10¹¹-10¹² Vt olur [3].

Beləliklə, Raman spektrlərini müşahidə etmək üçün güclü monoxromatik şüalanma mənbələri və çox həssas qəbuledicilər tələb olunur.

Eksperimentin metodikası

İşığın kombinasyon səpilmə spektroskopiyası kristallarda daxili gərginlikləri təyin etmək üçün kifayət qədər effektiv bir üsuldür, çünki rəqsi spektrlərdə xətlərin tezlik mövqeləri kristallarda yaranan mexaniki gərginliklərin ölçüsünü böyük dəqiqliklə müəyyən etməyə imkan verir. Həmçinin kristallarda mikro-ışığın kombinasyon səpilməsi mikro-spektraskopiyasından istifadə mikron ölçülü sahələrdə mexaniki gərginlikləri təyin etməyə imkan verir. Tədqiqatlar "Nanofinder-30" (Tokio Instr, Yaponiya) konfokal lazer mikro-spektrometridən istifadə etməklə aparılıb. Radiasiya qəbuledicisi kimi - foton sayma rejimində işləyən - 100°C temperatura qədər soyudulmuş SSD kamerasından istifadə edilmişdir. Onun daha bir əhəmiyyətli üstünlüyü lazer şüasının vasitəsi ilə nümunənin səthi boyunca kiçik addımlarla skan etmək və kristalın bircinsliyinin təyin etmək qabiliyyətidir. Həyəcanlanma mənbəyi kimi dalğa uzunluğu 532 nm və maksimum gücü 10 mVt olan Nd:YAG lazerindən istifadə edilmişdir. Lazerin gücünü 0,001-10 mVt diapazonda dəyişmək mümkün idi. Fokuslanma zamanı şüanın diametri bir neçə mikron olduğundan, bu yolla əhəmiyyətli şüalanma intensivliyinə nail olmaq olar.

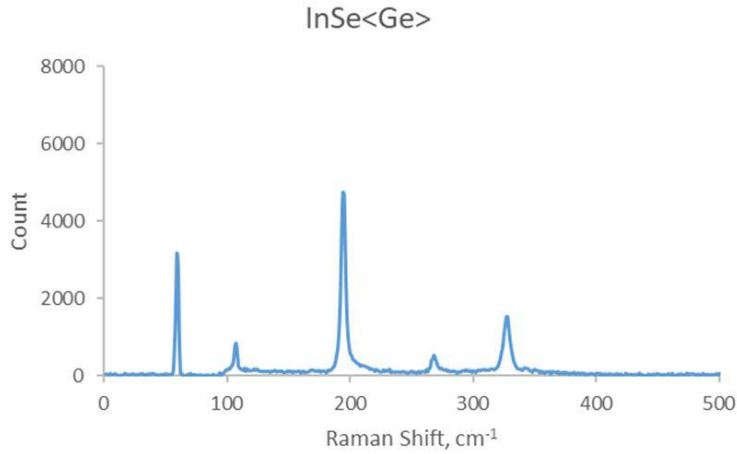
Böyük həcmli kristalların Raman spektrlərinin öyrənilməsi üçün nümunələr paralel müstəvi lövhələr şəklində (0001) müstəvisi boyunca sadə kəsilmə (parçalanma) yolu ilə yüksək keyfiyyətli külçələr üzərində hazırlanmışdır. Ölçmələr həndəsi olaraq əksinə səpilmədə aparılmışdır. Lazer şüası təbəqələrin müstəvisinə perpendikulyar olaraq yönəldilir. Əks olunan işıq spektrometrdən keçərək SSD kameranın qəbuledicisinə düşür.

Nəticələr və onun müzakirəsi

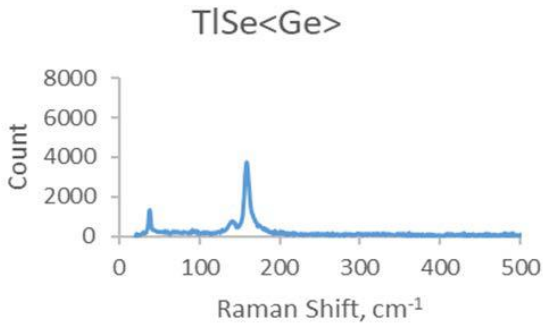
Şəkil 1-də 300 K temperaturda və 1 mVt lazer şüalanma gücündə Ge aşqarlı InSe ikili birləşməsinin

Raman spektrləri göstərilib. 1 mm-də 1800 ştrixi olan bir difraksiya qəfəsindən istifadə edildi və təsir müddəti 1 dəqiqə idi. Spektral xəttin mövqeyinin dəqiq müəyyən edilməsi $0,5 \text{ sm}^{-1}$ idi. Yuxarıdakı şəkildən görüldüyü kimi, Raman spektrində 40 sm^{-1} , 105 sm^{-1} , 180 sm^{-1} və 230 sm^{-1} tezliklərində dörd spektral xətt görünür.

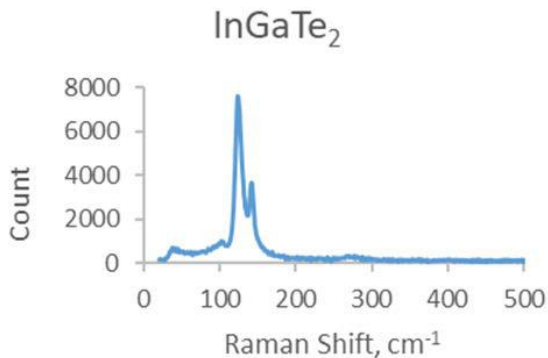
Birinci pik 40 sm^{-1} tezliyində intensivliyi 350 a.i., spektral xəttin yarım eni 30 sm^{-1} , 115 sm^{-1} tezlikdə pikin intensivliyi 4800 a.i., maksimumun yarım eni 20 sm^{-1} idi. daha zəif pikin 180 sm^{-1} -də intensivliyi 500 a.i., spektral xəttin yarım eni $7,5 \text{ sm}^{-1}$ -dir. 230 sm^{-1} tezliyində pikin intensivliyi 1500 a.i., maksimumun yarım eni 12 sm^{-1} -dir.



Şəkil 1. Ge aşqarı vurulmuş InSe ikili birləşməsinin Raman spektri.



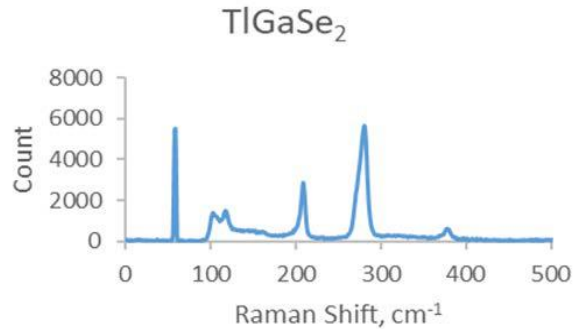
Şəkil 2. Ge aşqarı vurulmuş TlSe ikili birləşməsinin Raman spektri.



Şəkil 3. InGaTe₂ üçlü birləşməsinin Raman spektri.

Şəkil 2-də Ge aşqarı vurulmuş TlSe ikili birləşməsinin işıqın kombinasiyon səpilməsi Raman spektrləri göstərilir. Şəkil 2-dən görüldüyü kimi,

TlSe<Ge>-də işıqın kombinasiyon səpilmə spektrində aktiv fononun üç kombinasiyon səpilməyə uyğun gələn üç spektral xətt müşahidə olunur. Birinci spektral xətt 38 sm^{-1} tezlikdə müşahidə edilir, maksimumun intensivliyi 1331 a.i., spektral xəttin yarım eni 9 sm^{-1} , ikinci maksimumun intensivliyi tezliyin 142 a.i. sm^{-1} qiymətində 763 a.i. müşahidə olunur, spektral xəttin yarım eni $23,5 \text{ sm}^{-1}$, 159 sm^{-1} tezliyində maksimumun intensivliyi 3750 a.i., yarım eni 35 sm^{-1} olmuşdur.

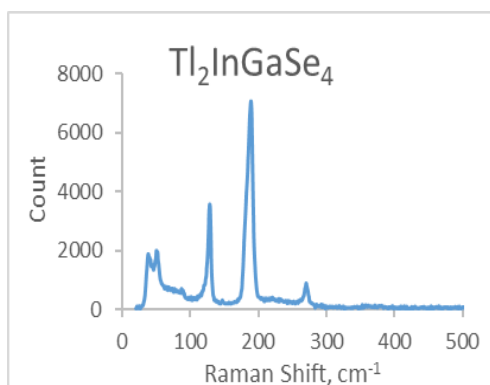


Şəkil 4. TlGaSe₂ üçlü birləşməsinin Raman spektri.

InGaTe₂-nin Raman spektrində 123 sm^{-1} tezlikdə 7576 a.i. intensivliyi ilə iki spektral xətt müşahidə edilir, spektral xəttin yarım eni $26,5 \text{ sm}^{-1}$, ikinci daha zəif xətt 142 sm^{-1} tezliyində 3631 a.i. intensivliyi ilə, pikin yarım eni 24 sm^{-1} olduqda müşahidə olunur (şəkil 3) [4].

Şəkil 4-də göstərilən TlGaSe₂ üçlü birləşməsinin Raman spektrində dörd spektral xətt müşahidə edilir.

Tezliyin 58 sm⁻¹ qiymətində intensivliyi 5428 a.i. olan pik müşahidə edilir, spektral xəttin yarım eni 4 sm⁻¹-dir. 106 sm⁻¹ tezlik zamanı 831 a.i intensivliyinə malik ilə ikiqat pik müşahidə olunur, spektral xəttin yarım eni 15 sm⁻¹-dir.



Şəkil 5. Tl₂InGaSe₄ dördüncü birləşməsinin Raman spektri.

Üçüncü spektral xətt 210 sm⁻¹ tezlikdə pikin intensivliyi 2468 a.i., yarım eni 22,5 sm⁻¹, aydın görünən dördüncü pikin maksimum 280 sm⁻¹ tezliyində, maksimumun intensivliyi 5484 a.i., spektral xəttin yarım eni 40 sm⁻¹ tezliyində müşahidə olunur [3]. Dördüncü, daha zəif spektral xətt 376 sm⁻¹ tezliyində görünür, maksimumun intensivliyi 494 a.i., spektral xəttin yarım eni 15 sm⁻¹-dir[4].

Şəkil 5-də göstərilən dördüncü Tl₂InGaSe₄ birləşməsinin Raman spektrində də dörd spektral xətt müşahidə edilir. Tezliyin 26 sm⁻¹ qiymətində 1639 a.i intensivliyə malik pik müşahidə edilir, spektral xəttin yarım eni 20 sm⁻¹-dir. Tezlik 50 sm⁻¹ 1902 a.i. intensivliyi olan pik müşahidə edilir, spektral xəttin yarım eni 25 sm⁻¹, üçüncü spektral xətt 129 sm⁻¹ tezliyində pik intensivliyi 3574 a.i. müşahidə olunur, spektral xəttin yarım eni 19 sm⁻¹, dördüncüsü maksimum 201sm⁻¹ tezliyində görünür, maksimum intensivliyi 7086a.i, spektral xəttin yarım eni 17,5sm⁻¹, beşinci maksimum 297 sm⁻¹ tezliyində görünür, maksimumun intensivliyi 743 a.i, spektral xəttin yarım eni 25 sm⁻¹ [5].

- | | |
|---|--|
| [1] N. Kalkan, A.N.Anagnostopoulos, J.A.Kalomiros, M. Haniyas. Solid State Commun., 99 (1996), 375. | [3] D. Muller, H.Z. Hahn. Anorg. Allg. Chem. B, 438 (1978), 258. |
| [2] K.R. Allakhverdiyev, T.G. Mamedov, B.G. AKINOGLU, SH.S. Ellialtioglu. Turkish J. Phys., 18 (1994), 1. | [4] C.H. Power, I. Molina, L. Chacon, J. Gonzalez J.,Rev. Mex. Fis., 56 (2010), 118. |
| | [5] N.A. Borovoy, G.L. Gololobov, N.B. İsayenko, N.B. Stepanishev. Phys. Solid State, 51 (2009), 2229. |

G.N. Məmmədova, K.K. Əzizova

COMBINATION LIGHT SCATTERING SPECTRUMS IN COMPOUNDS OF A^{III}B^{VI} TYPE

The investigation results of combination light scattering spectrums in InSe<Ge>, TlSe<Ge>, InGaTe₂, TlGaSe₂, Tl₂InGaSe₄ compounds in frequency range 0 – 500 cm⁻¹ are presented in the given work. Nd:YAG laser with output wave length 532 nm on second harmonic and maximal power 10mVt is used as a excitation source. The possibility to change the laser power in limits 0,001– 10mVt takes place. The beam diameter at the use of the objective enlarged in x25, x50, x100 is several microns x100 at focusing.

Г.Н. Мамедова, К.К. Азизова

СПЕКТРЫ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА В СОЕДИНЕНИЯХ ТИПА А^{III}B^{VI}

В представленной работе изложены результаты исследования спектров комбинационного рассеяния света в соединениях InSe<Ge>, TlSe<Ge>, InGaTe₂, TlGaSe₂, Tl₂InGaSe₄ в частотном диапазоне 0-500 см⁻¹. В качестве источника возбуждения использовался лазер Nd:YAG с выходной длиной волны 532 нм на второй гармонике и максимальной мощностью 10 мВт. Имелась возможность менять мощность лазера в пределах 0.001-10мВт, диаметр луча при использовании объектива увеличенным x25, x50, x100, составлял при фокусировке несколько микрон x100.