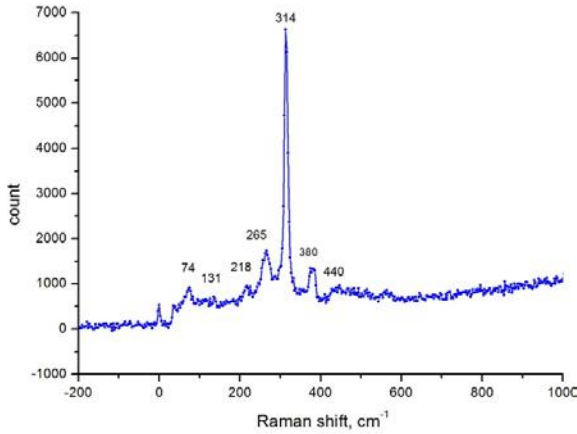


Raman səpilmə spektrindən alınan maksimumlar da dediklərimizi təsdiq edir (şəkil 2). Parametrlər aşağıdakı kimidir. $a=5,33$, $b=5,33$, $c=10,41$, $\alpha=90$, $\beta=90$, $\gamma=90$. Fəza simmetriya qrupu (42m)-dir.



Şəkil 2. CuInS₂ monokristalı, işığın Raman səpilməsi spektri.

MÖVZUNUN AKTUALLIĞI

Maddə müasir texnologiya tətbiq edilməklə alınmışdır və praktik tətbiq üçün yararlı olduğu məlumdur. Əsas tətbiqi materiallardan biri sayılan CdS-in üçqat analogudur. Digər xalkopirit birləşmələrdən fərqli olaraq, CuInS₂ kristalları texnoloji olaraq həm *n*-tip, həm də *p*-tip keçiriciliyə malik maddə olaraq alına bilər. Bağlı zonanın enerjisi $E=1,55$ eV-dur. Bu qiymət fotoelementlərin bağlı zonasının optimal enerjisi ilə üst-üstə düşdüyündən, material kimi onun əhəmiyyətini bir daha artırır. Bunlara əsaslanaraq deyə bilərik ki, CuInS₂ kristalının fundamental şəkildə öyrənilməsinə ehtiyac duyulur. Görüləcək işləri elektronikanın müasir inkişaf səviyyəsinə uyğun həll etməyə çalışırıq.

MƏSƏLƏNİN QOYULUŞU

CuInS₂ monokristalı fotoelementlərin hazırlanması baxımından yararlı materiallardan biri hesab olunur. Tətbiq sahələrini genişləndirmək məqsədi ilə yeni fiziki xassələr əldə etmək üçün birləşmələrə fərqli baxış bucağından yanaşılmışdır. Yəni, monokristala üzərindəki oksid təbəqəsi ilə ikikomponentli sistem kimi baxılmış, qarşılıqlı təsirdən meydana gələn fiziki parametrlərin nəzərə alınması vacib hesab olunmuşdur. Laylı periodik quruluşlar üçün tətbiq olunan sərhəd şərtlərinin önəmli olduğunu təcrübi yolla araşdırmaq qarşıya məqsəd qoyulmuşdur.

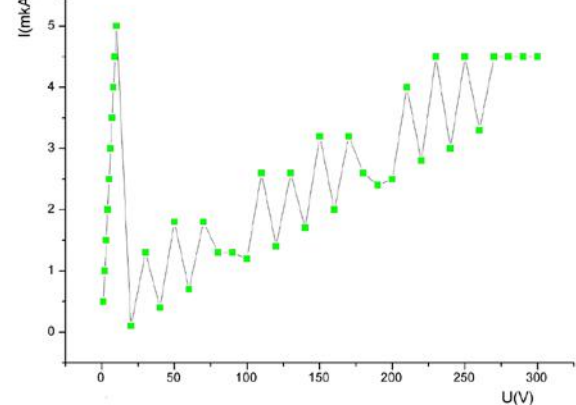
TƏCRÜBƏNİN APARILMASI

Nümunənin rentgen quruluşunu xarakterizə edən əyri verilmiş, raman spektri çəkilmiş, Volt-Amper xarakteristikası çıxarılmışdır. Bir neçə rejimdə qayıtma spektri ölçülmüşdür. Aparılan təcrübələrə əsaslanaraq onu deyə bilərik ki, oksidləşmə nəticəsində kristal səthində yaranan nazik laylı təbəqələr özlərini fərqli fiziki xassələrə malik yarımkeçirici kimi aparmışdır. Aparılan təcrübələrdən sonra klassik yarımkeçiricilərin yeni,

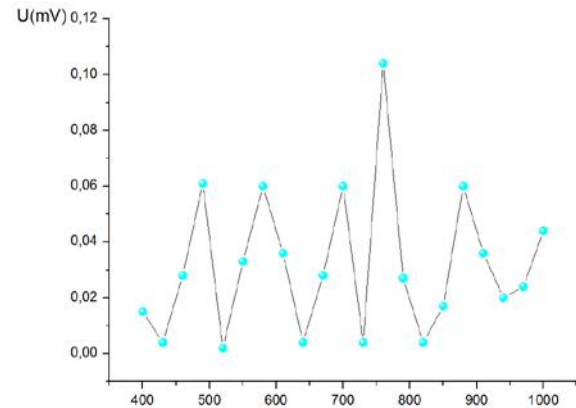
fərqli xassələrinin tədqiqatına ehtiyacın olduğu məlum olmuşdur.

ALINAN NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

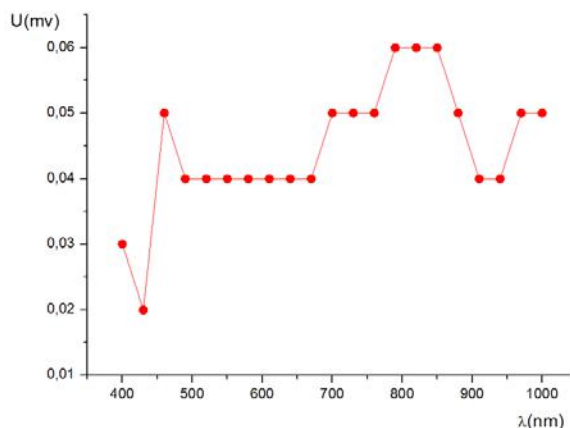
Aparılmış çoxlu sayda təcrübələrə istinadən deyə bilərik ki, üçqat birləşmələrdə baş verən daşınma hadisələrini defektlərsiz təsəvvür etmək mümkün deyil. Bu defektlər texnoloji proseslər zamanı və sonra yarana bilər. Təqdim olunan məqalədə monokristal səthində oksidləşmə hesabına yaranan laylı periodik quruluşlara, düşən şüalar stasionar olmayan hallarda özlərini müstəvi monoxromatik dalğalar kimi aparmır və hər bir təbəqə özünəməxsus rəqs paketi ilə ifadə olunur. Harmonik rəqs paketləri elektronun dalğa xüsusiyyətinin göstəricisidir. Bu o deməkdir ki, laylı periodik quruluşlarda elektron dalğaları superpozisiya qanununa tabe olur. Əksinə harmoniyalardan ibarət rəqs paketləri tam halda elektronun eksponensial artan funksiyasını ifadə etmiş olur. Volt –Amper xarakteristikasını çıxaran zaman elektron spektrlərində dispersiya qanununun kvadratik olmadığını görürük (şəkil 3). Yəni, zərrəciyə bənzər dalğaların enerjisi mini zonaların enerjisinə bərabər və ya ondan kiçik olduqda, zonaların kənarında güclü udulmalar müşahidə edirik. Bu hal isə yarımkeçiricilərin klassik zona quruluşundan fərqli olaraq, bağlı zonada şəffaf və şəffaf olmayan zolaqlarla müşahidə olunur.



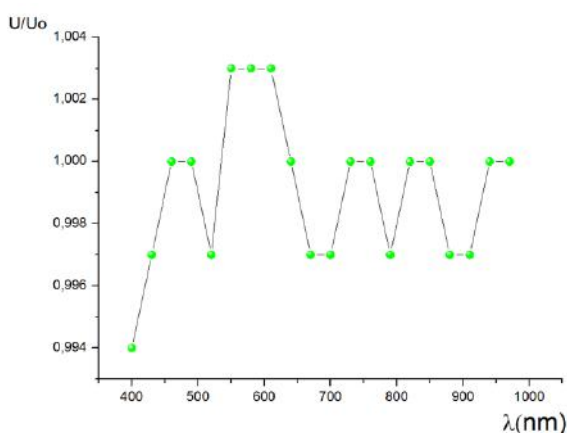
Şəkil 3. CuInS₂ monokristalı ilə oksid təbəqəsinin qarşılıqlı təsirindən yaranan rezonans maksimumuna malik Volt-Amper xarakteristikası.



Şəkil 4. CuInS₂ monokristalının multimetr xüsusi həssas rejimində çəkilmiş qayıtma spektri.



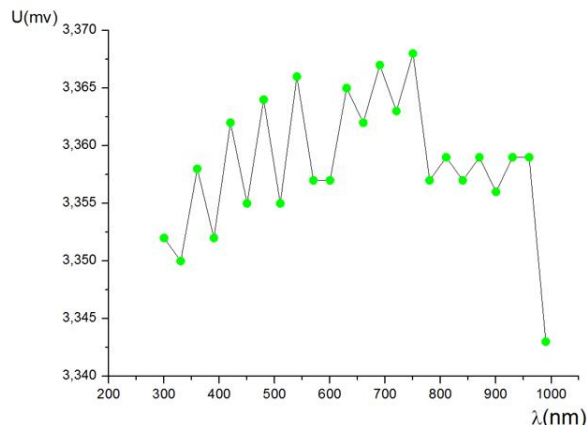
Şəkil 5. CuInS₂ monokristalı: multimetrimin adi rejimində çəkilmiş qayıtma spektri.



Şəkil 6. CuInS₂ monokristalı: lampanın xarakteristikasını nəzərə almaqla multimetrimin xüsusi rejimində çəkilən qayıtma spektri.

Laylı periodik quruluşların sərhəd şərtlərindən biri də kristal səthinə düşən dalğaların uzunluğunun, quruluşun periodundan çox kiçik olmasıdır (şəkil 4). Qayıtma spektrlərini nəzərdən keçirərkən defektlərin təsiri aydın görünür. Spekrin pilləli xarakterə malik olması defektlərin texnoloji proses zamanı və oksid təbəqənin üzərində formalaşan nanoquruluşlar hesabına meydana gələ bilər (şəkil 5). Başqa bir qayıtma spektrini nəzərdən keçirəndə görürük ki, parametrik simmetriyanın pozulması, iki mühit sərhəddində dalğaların qarşılıqlı təsirdən yaranan periodikliyin pozulmasına gətirib çıxarmışdır. Bu isə o deməkdir ki, laylı periodik

strukturlarda, layların konsentrasiyasının artması, dalğa paketlərinin intensivliyinin dəyişməsi ilə nəticələnir. Bu isə səth dalğalarının idarə olunması anlamına gəldiyi üçün, yarımkeçiricilərin tədbiqinə geniş imkanlar açmış olur. Əldə olunan nəticələri elektronun kvant sahəsindəki hərəkətinə tədbiq edə bilərək [6].



Şəkil 7. CuInS₂ monokristalı: multimetrimin adi rejimində modulyasiya olunmuş işıqda çəkilmiş qayıtma spektri.

Modulyasiya olunmuş işığın təsirdən sonra, alınan qayıtma spektrindən görünür ki, massiv maddə CuInS₂ monokristalı ilə oksid təbəqənin (CuO), dalğa paketləri intensivlik baxımından fərqlənirlər. Bu, ona görədir ki, onların oksid atomları ilə qarşılıqlı təsirinə adsorbsiya enerjisi müxtəlifdir (şəkil 7). Yəni, parametrik ölçülərin dəyişməsi ilə dalğa paketlərinin idarə olunması kimi mühüm bir nəticə əldə etmiş oluruq. Alınan nəticələrin mikroaləmə tədbiqi yeni fiziki xassələrin ölçülməsini təmin etmiş olur. Bu isə müasir elektronikanın tələblərinə cavab verə bilən tədqiqat işlərinin aparılmasına şərait yaradır.

YEKUN NƏTİCƏ

İkiqat analoqlarından fərqli olaraq üçqat biroxlı birləşmələrdə ikiqat sınımanın olması və ion əlaqələrinin güclü olması hesabına tetraqonal deformasiyadan anizotropluğu meydana gəlməsi, yeni fərqli fiziki parametrlərin ölçülə bilməsini təmin edir. Bu tip yarımkeçiricilərin tədbiq imkanlarını genişləndirmiş olur. Bircinsli mühitlərdən fərqli olaraq, anizotrop mühitlərdə əldə olunan nəticələr onların tədbiqi üçün geniş imkanlar açmış olur.

[1] D.Wole, R.Lerner, G.Müller. Crystal Research and Technologi. 1996, vol. 31, p317-320.
 [2] İ. Qasımoğlu. Azerbaijan journal of Physics, 2014, vol. XX, N3, sektion: Az, p25-27.
 [3] Л.И. Бергер, Ф.Э. Бальневская. Неорганические материалы том. III, 1966. N8, стр.1514-1515.

[4] С.Н. Мустафаева, М.М. Асадов, Д.Т. Гусейнов, И.Гасымоглу.. ФТТ, 2015, т.57, в.6, ст. 1079-1083.
 [5] N.A. Abdullayev, İ.Qasımoğlu, İ.A.Mamedova. Phusic Status Sol с N,6, 789-792, 2015.
 [6] Ф.Г. Басс, А.А. Булгаков, А.П. Тетервов. Высокочастотные свойства полупроводников со сверхрешетками. М. ст. 286.

I. Gasymoglu, G.S. Mehtiev, G.M. Asgerov

PERIODICITY OF ELECTRON WAVES BETWEEN CuInS₂ SINGLE CRYSTALS AND ITS OXIDE LAYER

An experimental spectrum of the periodicity of electron waves at of the boundary between CuInS₂ single crystals and the oxide layer is attached. It is determined that in a non-stationary field the electron spectrum is assigned as an exponential function to the conditioned harmonic waves.

И. Гасымоглу, Г.С. Мехтиев, Г.М. Асгеров

**ПЕРИОДИЧНОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ ВОЛН НА ГРАНИЦЕ
МОНОКРИСТАЛЛА CuInS₂ С ОКСИДНЫМ СЛОЕМ**

Представлен экспериментальный спектр периодичности электронных волн на границе между монокристаллом CuInS₂ и оксидным слоем. Показано, что нестационарное положение электронного спектра можно представить в виде экспоненциальной функции обусловленной гармоническими волнами.

Qəbul olunma tarixi: 30.09.2022