

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Гинье А. Рентгенография кристаллов. Теория и практика: монография. М., 1961. 500 с.
2. Waseda Y. and Suzuki K. (1972). Physics state solid. (B). Vol. 49. 643 p.
3. Гуливец Н.И. и др. Функция распределения атомов макроскопически изотропных объектов в дифракционных исследованиях // Письма в ЖТФ. 1997. 23(5). С.21-26.

УДК 538.911

*Олександр Клецьков, Валерія Жидко, Катерина Карук
(Дніпро, Україна)*

**ВИЗНАЧЕННЯ ПРИРОДИ ЗАБАРВЛЕННЯ КРИСТАЛІВ $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$
DETERMINATION NATURE OF COLOURING BY CRYSTALS OF $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$**

Визначення природи забарвлення кристалів ортогерманату вісмуту.

Ключові слова: *вісмут, забарвлення, струм.*

Determination of nature of colouring of crystals of ortho of germanate of Bi.

Keywords: *Bi, colouring, current.*

Кристалічний $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ знайшов своє застосування насамперед як сцинтиляційний детектор високо енергетичного випромінювання. У багатьох випадках детектору необхідно працювати не тільки в зоні дії радіаційних потоків, а також у зоні дії електричних полів. Тому визначення природи забарвлення кристалів $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12} - \text{Mn}$ є актуальною і важливою задачею. Механізм електрохромного ефекту полягає в перезарядці центрів відповідальних за оптичне поглинання.

В данному дослідженні високоякісний монокристал $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ був отриманий витягуванням з розплаву по методу Чохральського: у якості початкових компонентів використовувалися оксиди Bi_2O_3 і GeO_2 промислової марки «ОСЧ» (оксиди прожарювалися до постійної ваги, а потім навішувалися в стехіометричному співвідношенні). Шихта, змочена спиртом, перетиралася в агатових ступках і пресувалася в таблетки. Отриманий зразок мав товщину 0,86 мм та діаметр 5 мм. З одного боку на кристал був нанесений срібний електрод (електрод створювався методом випарюванням у вакуумі на полірований кристал з $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12} - \text{Mn}$), який створює омичний контакт. З іншого боку між кристалом та металевим електродом був шар ортофосфорної кислоти, яка має іонну провідність.

Насамперед були виміряні ВАХ цього кристалу. На рис.1 та рис.2 представлено типові залежності ВАХ в режимі монополярної інжекції дірок та електронів, що дозволяє вибрати режими для спостереження електрохромного ефекту.

Щоб переконатися у тому, що контакти з срібла здатні інжектувати як електрони, так і дірки, були досліджені струми монополярної інжекції кристалів $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$. ВАХ для електронів і дірок відрізняються наявністю на кривих для дірок сублінійних ділянок в середній частині характеристики.

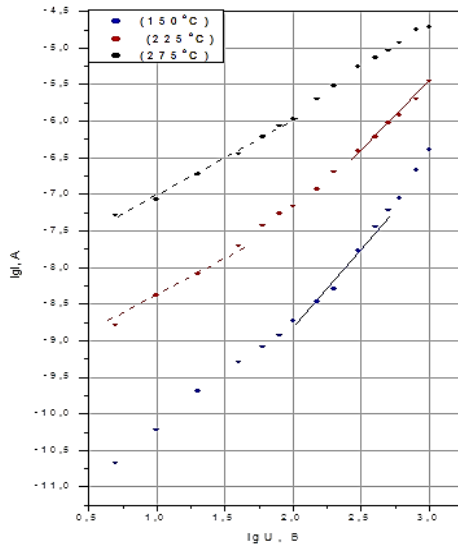


Рис. 1. Сімейство ВАХ для монополярної інжекції зі срібними електродами–мінус на металі (товщина зразка 0,39 мм.).

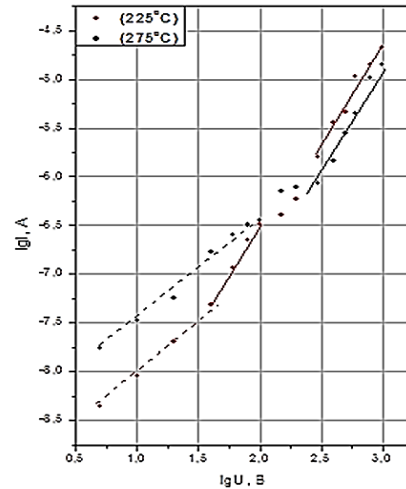


Рис. 2. Сімейство ВАХ для монополярної інжекції зі срібними електродами–плюс на металі (товщина зразка 0,39 мм.).

І в першому, і в другому випадку низькопольові омичні ділянки кривих змінюються квадратичними, що відображає перехід від провідності по закону Ома до провідності, обмеженої об'ємним зарядом, що формується. Це описується відомим співвідношенням, наприклад, для електронів:

$$en_0\mu_n \frac{V}{d} = \frac{9}{8} \varepsilon \mu_n \frac{V^2}{d^3}$$

де e – заряд електрона, n_0 – густина вільних електронів, μ_n – ефективна дрейфова рухомість електронів, ε – діелектрична проникність, V – прикладена напруга, d – товщина зразка.

В омичному режимі час дрейфу носіїв $t_1 = \frac{d^2}{\mu_n V_{nep}}$ перевищує час діелектричної релаксації

$t_d = \frac{\varepsilon}{en_0\mu_n}$ і інжектвані носії перерозподіляються в об'ємі зразка, забезпечуючи його електронейтральність швидше, ніж можуть досягти протилежного контакту.

Подальше зростання напруги призводить до зростання густини вільних носіїв в об'ємі зразка[1]. При цьому інжектвані носії починають грати більш важливу роль, ніж рівноважні термічно генеровані носії, оскільки їхній заряд не встигає помітно зменшуватись під впливом рівноважних носіїв. Це відповідає квадратичній ділянці на ВАХ.

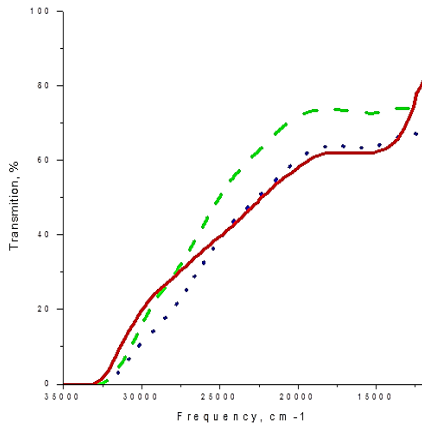


Рис. 3. Вплив монополярної інжекції електронів та дірок на оптичне пропускання кристалів $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$; - вихідний зразок після прогріву 550°C , $d=2.6$ мм

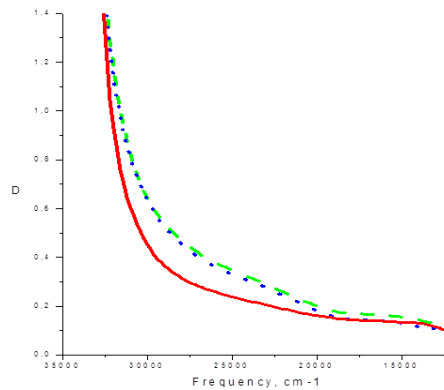


Рис. 4. Вплив монополярної інжекції електронів та дірок на оптичну густину кристалів $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$; - вихідний зразок після прогріву 550°C , $d=2.6$ мм після інжекції електронів, $d=2.6$ мм після інжекції дірок, $d=2.6$ мм

З отриманих результатів можна зробити висновок, що найбільш прийнятним режимом для спостереження електрохромного ефекту є температура $T=300^\circ\text{C}$, поле $3,5\text{кВ/см}$. На кристал напилили електроди, він нагрівся під полем до декількох кВ/см , витримувався 1 годину та охолоджувався під полем.

На рис.3 приведені спектри оптичного пропускання кристалів, з яких можна бачити вплив інжекції носіїв у випадку монополярної інжекції. Внаслідок інжекції електронів спостерігається просвітлення кристалів яке викликано збільшенням концентрації Mn^{2+} [2]. Якщо ж інжектувати дірки, то кристал $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}\text{-Mn}$ забарвлюється, тому що зростає концентрація іонів Mn^{4+} та Mn^{3+} , що відповідають за забарвлення кристалів.

На рис.4 приведені спектри оптичної густини кристалів $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ з яких можна зробити висновок про вплив інжекції носіїв у випадку монополярної інжекції. При інжекції електронів кристал просвітлюється, при інжекції ж дірок – забарвлюється.

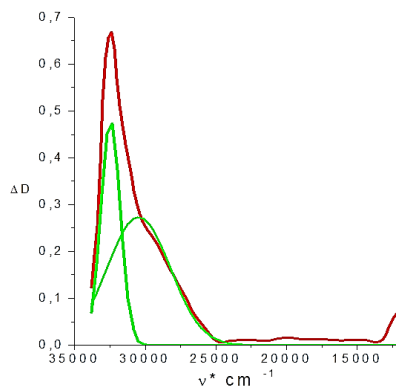


Рис. 5. Розкладення на гаусові складові додаткової оптичної густини кристалів $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ після інжекції дірок

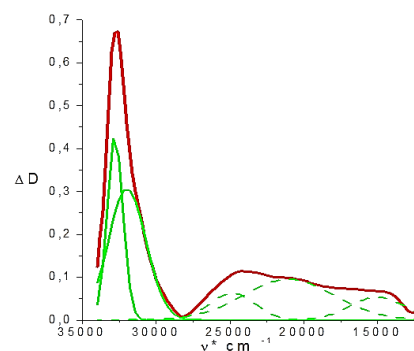


Рис. 6. Розкладення на гаусові складові додаткової оптичної густини кристалів $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ після інжекції електронів (різниця між вихідним та інжектованим зразками, пунктир позначає від'ємні значення).

На рис.5 приведено розкладання на гаусові складові додаткової оптичної густини кристалів $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ після інжекції дірок. Ми бачимо, що на краю фундаментального поглинання кристала зникають смуги поглинання присутність яких обумовлена наявністю іонів Mn^{3+} [2], тобто Mn практично повністю переходить у 3-х валентний стан. Тобто можна

зробити висновок, що в умовах монополярної інжекції при інжекції дірок у кристал відбувається забарвлення приелектродного шару.

На рис.6 приведено розкладення на гаусові складові додаткової оптичної густини кристалів $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ після інжекції електронів. З рисунку видно, що в спектрі кристала зникають смуги поглинання. На цьому рисунку пунктир відповідає від'ємним значенням, тобто просвітленню кристалів.

Підсумовуючи вище сказане можемо сказати: встановлено, що механізмом електрохромного ефекту є зміна зарядового стану домішки Mn в кристалі $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$. Інжекція дірок в кристалі $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ призводить до збільшення кількості іонів Mn^{3+} , Mn^{4+} , а інжекція електронів до відновлення Mn до 2-х валентного стану, що приводить до просвітлення кристалу.

ДЖЕРЕЛА ТА ЛІТЕРАТУРА

1. Philipsborn H. Groissance d'eulytine $\text{Bi}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$ et des composes substitues $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ par la method czochralski // J.Crystal Growth. 1971. Vol. 11. N3. P. 348-350.
2. Durif A., Averbuch-Pouchot M.-T. Affinement de la structure cristalline du germanate de bismuth: $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ // C.R. Seances Acad. Sci., Ser.11. 1982. T.295, N5 P.555-556.

УДК 577.3

Олександр Клецьков, Валерія Жидко, Катерина Карук
(Дніпро, Україна)

ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ СУМІШЕЙ МЕТОДОМ СТОКСА DETERMINATION OF COMPOSITION OF MIXTURES BY METHOD OF STOKS

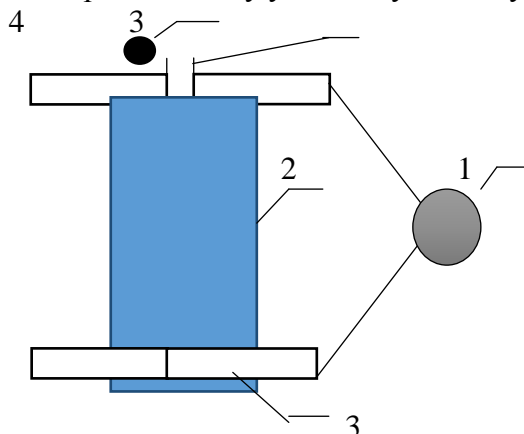
Визначення відсоткового складу простих рідин, що входять до невідомої суміші.

Ключові слова: вода, рідина, суміш.

Determination of composition by percentage of simple liquids which are included in unknown mixture.

Keywords: water, liquid, mixture.

Маючи деяку водну суміш з додаванням невідомого компоненту важливо знати її відсотковий склад, тобто в яких пропорціях рідини присутні в суміші та які саме рідини додавались. В даному дослідженні візьмемо, як приклад, розчин в якому присутні: вода, невідома речовина, яка розчиняється у воді. Для визначення необхідних вагових коефіцієнтів проведемо експеримент за методом Стокса [1], для цього зберемо експериментальну установку за наступною схемою:



- 1 – секундомір електронний;
- 2 – скляна колба з досліджуваною сумішшю;
- 3 – датчики руху. Верхній спрацьовує при прольоті повз нього кульки, вмикаючи секундомір. Нижній датчик спрацьовує при ударі кульки о поверхню датчика (дна колби);
- 4 – кулька з металу з відомою густиною.