



**Міністерство освіти і науки України
Харківський національний педагогічний університет
імені Г. С. Сковороди**

Фізико-математичний факультет



**Збірник тез доповідей учасників
XX Всеукраїнської науково-методичної конференції
здобувачів вищої освіти та молодих вчених
«НАУМОВСЬКІ ЧИТАННЯ», присвяченої
300-річчю з дня народження Григорія Сковороди**

3-4 листопада 2022 року

Харків – 2022

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Бойчук Юрій доктор педагогічних наук, професор, завідувач ректор ХНПУ імені Г. С. Сковороди (Голова оргкомітету);

Бережна Світлана доктор філософських наук, професор, проректор з наукової, інноваційної і міжнародної діяльності ХНПУ імені Г. С. Сковороди (заступник Голови оргкомітету);

Пономарьова Наталія доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інформатики, декан фізико-математичного факультету ХНПУ імені Г.С. Сковороди (заступник Голови оргкомітету);

Жерновникова Оксана доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри освітології та інноваційної педагогіки ХНПУ імені Г. С. Сковороди; кафедри математики ХНПУ імені Г. С. Сковороди (заступник Голови оргкомітету);

Сіра Ірина доцент кафедри математики ХНПУ імені Г. С. Сковороди, (секретар оргкомітету);

Боярська-Хоменко Анна доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри освітології та інноваційної педагогіки ХНПУ імені Г. С. Сковороди;

Олефіренко Надія доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри інформатики ХНПУ імені Г. С. Сковороди;

Масич Віталій доктор педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри фізики ХНПУ імені Г. С. Сковороди;

Басенко Ольга здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, в. о. голови студентської ради фізико-математичного факультету;

Худас Анна здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, голова волонтерського комітету студентської ради фізико-математичного факультету.

Рекомендовано вченою радою фізико-математичного факультету Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди
протокол № 7 від 31 січня 2023 р.

Затверджено редакційно-видавничою радою
Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди
Протокол № 2 від 15 лютого 2023 р.

Матеріали XX науково-методичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених «Наумовські читання», присвяченої 300-річчю з дня народження Григорія Сковороди [Електронний ресурс] (3-4 листопада 2022 р., м. Харків) / за заг. ред. Жерновникової О.А. / ХНПУ ім. Г. С. Сковороди. Харків : ХНПУ, 2022. – 436 с.

©Харківський національний
педагогічний університет ім. Г.
С. Сковороди

Оптичні явища в первинних мережах DWDM

Ольга Юрченко, викладачка кафедри фізики і хімії ХНПУ імені Г. С. Сковороди, **Андрій Курганський**, здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ХНПУ імені Г. С. Сковороди.....**306**

Розсіювання Брилюена в оптоволоконному середовищі

Ольга Юрченко, викладачка кафедри фізики і хімії ХНПУ імені Г. С. Сковороди, **Ярослав Тердоват'ян**, здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ХНПУ імені Г. С. Сковороди.....**309**

Використання мультимедійних засобів у навчанні фізики в закладах середньої освіти

Євген Малець, професор кафедри фізики і хімії ХНПУ імені Г. С. Сковороди; **Анастасія Антонова**, здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти ХНПУ імені Г. С. Сковороди.....**312**

Анодування танталу в сульфаматних електролітах

Сергій Макєєв, доцент кафедри фізики і хімії ХНПУ імені Г. С. Сковороди; **Юлія Гончар**, здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти ХНПУ імені Г. С. Сковороди.....**315**

Порівняння методик вирощування кристалів бісмуту з металевого розплаву

Сергій Макєєв, доцент кафедри фізики і хімії ХНПУ імені Г. С. Сковороди; **Дар'я Ноздрачова**, здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти ХНПУ імені Г. С. Сковороди.....**318**

Електронний парамагнітний резонанс як метод сучасної технології досліджень речовин

Ольга Юрченко, викладачка кафедри фізики і хімії ХНПУ імені Г. С. Сковороди, **Тетяна Потапова**, здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти ХНПУ імені Г. С. Сковороди.**321**

Ефект Керра в оптоволоконному середовищі

Ольга Юрченко, викладачка кафедри фізики і хімії ХНПУ імені Г. С. Сковороди, **Карина Влащенко**, здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ХНПУ імені Г. С. Сковороди.**324**

Хроматична дисперсія в оптоволоконному середовищі

Ольга Юрченко, викладачка кафедри фізики і хімії ХНПУ імені Г. С. Сковороди, **Дар'я Варга**, здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ХНПУ імені Г. С. Сковороди.....**327**

that such films show high corrosion resistance. The expediency of introduction of work on anodizing in extracurricular work in chemistry, as well as in the system of circle work of higher education applicants is indicated.

Key words: tantalum, anodizing, anodic oxide films.

УДК 548.5:546.87

Ноздрачова Д.П., Макєєв С.Ю.

ПОРІВНЯННЯ МЕТОДИК ВИРОЩУВАННЯ КРИСТАЛІВ БІСМУТУ З МЕТАЛЕВОГО РОЗПЛАВУ

Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди

Анотація. У тезах розглянуто основні методи вирощування моно- і полікристалів бісмуту з металічного розплаву. Розглянуто методи Бріджмена-Стокбаргера та Чохральського, механізми їх реалізації, висвітлено переваги та недоліки кожного з методів. Зазначено доцільність проведення практичної роботи з одержання кристалів бісмуту в рамках позакласної роботи з хімії.

Ключові слова: бісмут, металевий розплав, оксидна плівка, кристалізація, вирощування кристалів.

Бісмут (Bi) – метал сріблясто-білого кольору з рожевим відтінком, зумовленим оксидною плівкою на поверхні. Він має найбільші діамагнітні властивості та найменшу теплопровідність (крім ртуті) серед металів. У тонкому шарі виявляє напівпровідникові властивості (Hoffman, 1993). У рідкій фазі бісмут, як, наприклад, вода і галій, має більшу густину, ніж у твердій фазі; при застиганні він розширюється на 3,32 %. Бісмут має найменшу токсичність серед важких металів, також завдяки малій розчинності своїх сполук він не виявляє високої небезпеки для довкілля (Fowler, 2007).

Природний бісмут складається з одного ізотопу ^{209}Bi , який раніше вважався найважчим із стабільних ізотопів. Однак у 2003 році було експериментально підтверджено, що він є радіоактивним. Період напіврозпаду ^{209}Bi становить $(1,9 \pm 0,2) \cdot 10^{19}$ років, що на багато порядків більше, ніж вік Всесвіту. Таким чином, природний бісмут майже радіоактивно нешкідливий для людей, оскільки протягом року в 1 г бісмуту лише близько 100 ядер зазнають α -розпаду, перетворюючись на стабільний ^{205}Tl (De Marcillac, 2003).

Завдяки своїм властивостям бісмут привертає увагу як з точки зору теоретичних досліджень, так і з точки зору можливості практичного застосування. Наприклад, тверді розчини Bi-Sb відносяться до числа кращих низькотемпературних термоелектричних і термомагнітних матеріалів. Посилюється інтерес до дослідження низькорозмірних наноструктур на основі бісмуту (тонких плівок, ниток, квантових точок). Завдяки інтенсивному розвитку нанотехнологій такі наноструктури знаходять широке застосування у

різних галузях науки і техніки (Dobrotvorska, 2017). Монокристали бісмуту та його сплавів є перспективними матеріалами для мікро- і оптоелектроніки (Gonik, 2015).

Крім зазначеного, бісмут, його сплави та сполуки застосовують у медицині та косметичі, металургії (легкоплавкі сплави, припої), електриці (напівпровідники, високотемпературні надпровідники), ядерній енергетиці, як каталізатори (виробництво акрилових полімерів, крекінг нафти), компоненти керамічної глазурі та мастил, пігменти, сцинтиляційні та магнітні матеріали, у хімічних джерелах струму та паливних елементах. З огляду на широке застосування бісмуту, тема дослідження є актуальною.

Кристали бісмуту вирощують із розплавів через його низьку температуру плавлення ($t_{пл.}(Bi) = 271,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). При повільному охолодженні розплав високої чистоти утворює кристали з ромбоєдричною ґраткою і шаруватою структурою. На повітрі кристали швидко покриваються плівкою оксиду, що надає їм характерний вид. Внаслідок інтерференції світла оксидна плівка переливається різними кольорами видимого спектру (Norman, 1997).

За лабораторних умов кристали бісмуту вирощують методами спрямованої кристалізації – переміщення тигля у полі температурного градієнта. Найвідоміший спосіб – метод Бріджмена-Стокбаргера. Згідно методу зароджувані у нижній частині тигля з розплавом монокристали є затравкою. Завдяки конічній формі дна тигля розвивається один зародок, який пригнічує ріст інших, що дозволяє виростити кристали необхідної орієнтації. По мірі охолодження тигля, поступово зростаючий кристал повністю заповнює його. Перевагами методу є простий механізм виконання та висока продуктивність. Недоліком є те, що при безпосередньому контакті монокристала зі стінками тиглю можливе його забруднення домішками речовин, що виключає можливість створення високочистих кристалів бісмуту; крім цього, форма кристалу обмежена стінками тиглю (Фурс, 2019).

Іншим лабораторним методом є переміщення кристала у полі температурного градієнта, наприклад, метод Чохральського. Метод полягає у витягуванні монокристала з розплаву на затравку. Затравка відповідної форми, опущена у розплав, змочується розплавом і піднімається над його поверхнею. У порівнянні з попереднім методом, цей механізм складніший та потребує більшого технічного забезпечення, але переваги методу дуже вагомі: необмежена форма монокристалу, можливість отримання високочистого монокристалу бісмуту за рахунок відсутності контакту кристалу зі стінками тиглю (Кожемякін, 2012). Тому для ефективного вирощування монокристалів бісмуту оптимально використовувати методи переміщення саме кристалу-затравки у полі температурного градієнта.

Для одержання кристалів бісмуту методом спрямованої кристалізації застосовано паяльну піч HT-D Solder Pot Melting Furnace потужністю 300W і температурним діапазоном 200-450 $^{\circ}\text{C}$. Бісмут масою 1000 г помістили у піч і нагрівали до утворення розплаву. Розплавлений метал покривається оксидною плівкою на повітрі, яку необхідно регулярно видаляти з поверхні. Повільно

знижуючи температуру розплаву, додавалися затравки бісмуту, які виступали як центри кристалізації. Утворюються великі кристали ромбічної сингонії з райдужною оксидною плівкою (Рис. 1). Окрім монокристалів, при охолодженні розплаву утворюються полікристалічні структури. Коли розплав затвердіває приблизно на третину, рідкий метал зливається, і на дні залишаються кристали бісмуту.

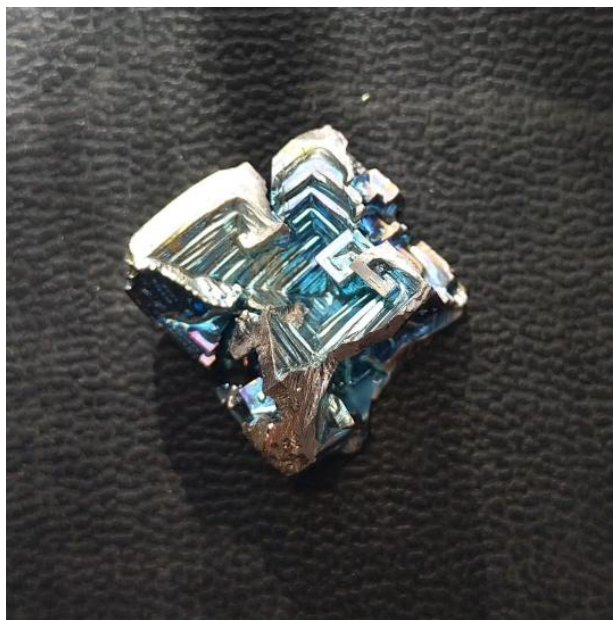


Рис. 1. Кристали бісмуту.

Одержані кристали бісмуту можна застосовувати як дидактичний матеріал на уроках хімії та фізики у закладах загальної середньої освіти. Доцільним виявляється проведення практичної роботи з одержання кристалів бісмуту у системі позакласної роботи з хімії під час факультативів та гурткових занять.

Список використаних джерел

1. Кожемякін Г.Н., Бережна А.А., Бровко А.А., Дригода А.Б., Крюков М.О. Вирощування кристалів бісмуту методом Чохральського. *Наукові вісті Дніпровського університету*, 2012, №8. С. 43-46.
2. Фурс Т.В. Технологічні особливості одержання монокристалів PbI_2 . *Наукові нотатки*, 2019. № 68. С. 125-130. DOI: 10.36910/6775.24153966.2019.68.20.
3. De Marcillac P., Coron N., Dambier G., Leblanc J., Moalic J.-P. Experimental detection of α -particles from the radioactive decay of natural bismuth. *Nature*, 2003, Vol. 422, pp. 876-878. DOI: 10.1038/nature01541.
4. Dobrotvorska M.V., Orlova D.S., Rogachova O.I., Fedorov O.G. Influence of Atmospheric Oxygen on Composition and Kinetic Properties of Thin Films of Bismuth. *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.*, 2017, Vol. 39, Iss. 10, pp. 1307-1319. DOI: 10.15407/mfint.39.10.1307.
5. Fowler B.A., Sexton M.J. Handbook on the Toxicology of Metals. London: Academic Press, 2007. 433 p.

6. Gonik M.A. Growth of bismuth and bismuth-antimony single crystals. *Inorganic Materials*, 2015, Vol. 51, Iss. 2, pp. 108-115. DOI: 10.1134/S0020168515020077.

7. Hoffman C.A., Meyer J.R., Bartoli F.J., Di Venere A., Yi X.J., Hou C.L., Wang H.C., Ketterson J.B., Wong G.K. Semimetal-to-semiconductor transition in bismuth thin films. *Physical Review B*, 1993, Vol. 48, Iss. 15, pp. 431-434. DOI:10.1103/PhysRevB.48.11431.

8. Norman N.C. Chemistry of arsenic, antimony and bismuth. London: Blackie academic & professional, 1997. 484 p.

Nozdrachova D.P., Makieiev S.Y.

COMPARISON OF TECHNIQUES FOR GROWING BISMUTH CRYSTALS FROM METAL MELT

Abstract. The theses consider the basic methods of growing mono- and polycrystals of bismuth from metal melt. The methods of Bridgman-Stockbarger and Czochralski, the mechanisms of their implementation are considered, the advantages and disadvantages of each method are highlighted. The expediency of conducting practical work on obtaining bismuth crystals in the framework of extracurricular work in chemistry is indicated.

Key words: bismuth, metal melt, oxide film, crystallization, crystal growing.



УДК 530.145.65

Юрченко О. В., Потапова Т. В.

ЕЛЕКТРОННИЙ ПАРАМАГНІТНИЙ РЕЗОНАНС ЯК МЕТОД СУЧАСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕЧОВИН

Харківський національний педагогічний університет імені Г.С. Сковороди

Анотація. Розглянуто явище електронного парамагнітного резонансу в процесі розвитку та практичного застосування на шляху від відкриття до сьогодення, як потужного інструмента для фізики, хімії, біології, медицини тощо.

Ключові слова: електронний парамагнітний резонанс, дослідження речовин, сучасний метод, ЕПР-спектроскопія.

Електронним парамагнітним резонансом є резонансне поглинання енергії системою парамагнітних частинок за певного відношення напруженості постійного магнітного поля до частоти радіовипромінювання. Як відомо, надзвичайно велика кількість матеріалів має неспарені електрони. До них відносяться вільні радикали, багато іонів перехідних металів і дефекти матеріалів. Вільні радикали часто живуть недовго, але вони відіграють ключову роль у багатьох важливих процесах, таких як фотосинтез, окислення, каталіз і