

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник голови Научних зборів  
Інституту металофізики  
ім. Г.В. Курдюмова НАН України  
член-кореспондент НАН України



В.А. Татаренко

«17» грудня 2024 р.

**ВИТЯГ**

з протоколу № 24-1 від 17 грудня 2024 року  
засідання наукових зборів Інституту металофізики  
ім. Г.В. Курдюмова НАН України

**ПРИСУТНІ:**

член-кор. НАН України д.ф.-м.н. проф. Татаренко В.А., член-кор. НАН України д.ф.-м.н. проф. Антонов В.М., член-кор. НАН України д.ф.-м.н. проф. Котречко С.О., член-кор. НАН України д.т.н. проф. Коваль Ю.М., член-кор. НАН України д.т.н. проф. Мешков Ю.Я., д.т.н. проф. Гаврилюк В.Г., д.ф.-м.н. проф. Васильєв М.О., д.ф.-м.н. проф. Данільченко В.Ю., д.ф.-м.н. проф. Карбівський В.Л., д.ф.-м.н. проф. Лень Є.Г., д.ф.-м.н. проф. Рудь О.Д., д.т.н. проф. Мазанко В.Ф., д.ф.-м.н. проф. Філатов О.В., д.ф.-м.н. проф. Лізунов В.В., д.ф.-м.н. Фірстов Г.С., д.ф.-м.н. Шиванюк В.М., д.ф.-м.н. Волосевич П.Ю., д.ф.-м.н. Карнаухов І.М., д.ф.-м.н. Радченко Т.М., д.ф.-м.н. Носенко В.К., д.ф.-м.н. Мордюк Б.М., д.ф.-м.н. Теус С.М., старші наукові співробітники, наукові співробітники, молодші наукові співробітники та аспіранти Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України, всього 106 осіб.

**СЛУХАЛИ:**

Доповідь Поліщука Сергія Станіславовича за матеріалами дисертаційної роботи «Структура і фізико-механічні властивості покриттів на основі алюмінію з квазікристалічними та апроксимантними фазами», поданої на здобуття вченого ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.13 – фізика металів.

**ПРИ ОБГОВОРЕННІ ПИТАННЯ СТАВИЛИ:**

член-кор. НАН України д.ф.-м.н. проф. Татаренко В.А., член-кор. НАН України д.ф.-м.н. проф. Котречко С.О., д.т.н. проф. Гаврилюк В.Г., д.ф.-м.н. проф. Філатов О.В., д.ф.-м.н. Фірстов Г.С., д.ф.-м.н. проф. Васильєв М.О., д.ф.-м.н. Радченко Т.М., д.ф.-м.н. Мордюк Б.М.

**У ДИСКУСІЇ ВЗЯЛИ УЧАСТЬ:**

призначені для попереднього рецензування дисертаційної роботи члени комісії: член-кор. НАН України д.ф.-м.н. проф. Котречко С.О., д.ф.-м.н. проф. Філатов О.В., д.ф.-м.н. Носенко В.К., а також член-кор. НАН України д.ф.-м.н. проф. Татаренко В.А., д.ф.-м.н. проф. Рудь О.Д., д.ф.-м.н. Фірстов Г.С..

**УХВАЛИЛИ:**

Прийняти рішення відносно дисертаційної роботи Поліщука Сергія Станіславовича у такому формулюванні:

**1. Актуальність теми і її зв'язок із планом наукових робіт.**

Внаслідок високої крихкості квазікристалів та апроксимантів, одним із найбільш перспективних напрямів застосування цих матеріалів на сьогодні вважається розробка на їх основі функціональних покриттів. В той же час, функціональні покриття з квазікристалічною та апроксимантною фазою зазвичай осаджуються при підвищених температурах підкладки і після охолодження системи підкладка-покриття в покритті можуть виникати залишкові



напруження. Можливими механізмами релаксації таких напружень в покриттях є розтріскування та/або їх відокремлення від підкладки. Таким чином, важливою проблемою є контролювання рівня макронапружень в квазікристалічних покриттях і визначення умов процесу осадження, необхідних для їх мінімізації, та формування бездефектних покриттів з квазікристалічною або апроксимантною фазою. В той же час, в науковій літературі практично відсутня інформація про системні дослідження напруженого стану в квазікристалічних сплавах, закономірності розтріскування в квазікристалічних покриттях і умови, за яких можливо запобігти цьому явищу. Тому, актуальною є розробка методик оцінювання рівня макронапружень в квазікристалічних покриттях, оскільки можливість застосування традиційних рентгенівських методів дослідження макронапружень до квазікристалічних матеріалів ускладнюється наявністю фазонних дефектів в квазікристалах, які додатково можуть впливати на положення дифракційних піків від квазікристалічної структури. Крім того, на основі аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що на властивості квазікристалічних та апроксимантних матеріалів впливає низка взаємопов'язаних структурних особливостей, серед яких найважливішу роль відіграють хімічний склад, розмір структурних елементів, рівень макронапружень, наявність додаткових кристалічних фаз та домішок. У випадку отримання квазікристалічних або апроксимантних фаз шляхом твердофазних перетворень в багатошарових конденсатах, невідомим залишається вплив хімічного складу та періоду модуляції багатошарових конденсатів на послідовність фазоутворення та їх властивості.

Тому дослідження закономірностей формування квазікристалічних та апроксимантних фаз в системах на основі алюмінію, розробка методики вимірювання в них макронапружень, визначення оптимальних умов для отримання бездефектних матеріалів на основі квазікристалічних або апроксимантних фаз та встановлення впливу хімічного та фазового складу на їх стабільність, механічні та фізичні властивості є **актуальною науковою проблемою**.

Представлена робота спрямована на розв'язання актуальної фундаментальної задачі фізики металів – з'ясування впливу фазового складу, розміру зерен та напруженого стану квазікристалічних покриттів на стабільність структури та їх механічні властивості.

Дисертаційна робота виконана у відділах будови та властивостей твердих розчинів та фізики дисперсних систем Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України в рамках наступних бюджетних тем:

«Структурно-фазовий стан і фізико-механічні властивості гетерофазних систем на основі елементів з обмеженою взаємною розчинністю» (№055/06, 2006-2010 pp.; «Вплив інтенсивної пластичної деформації на формування структурно-фазових станів і фізико-механічні властивості металевих матеріалів на основі Al, Fe, Cu, Mg» (№ 055/11, 2011-2015); «Закономірності формування твердих розчинів та інтерметалідних фаз в багатокомпонентних металічних системах в умовах дії термосилових обробок і в результаті фазових перетворень» (№055/16, 2016-2020). Частина результатів дисертації була отримана під час досліджень проведених дисертантом в Інституті Жана Ламура (м. Нансі, Франція, 2009-2011 pp.) при роботі над міжнародним проектом «Development of wear resistant coatings based on complex metallic alloys for functional applications» в рамках програми FP7-NMP - Specific Programme "Cooperation": Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and new Production Technologies.

## **2. Особистий внесок автора.**

Особистий внесок здобувача полягає в постановці наукових задач для досягнення сформульованої ним же мети роботи та визначення необхідних методів їх вирішення. Здобувач приймав безпосередню участь у більшості експериментальних досліджень, їх аналізі та узагальненні отриманих результатів. Дисертант брав безпосередню участь в постановці задач, обговоренні та написанні всіх наукових статей. Дисертація не містить матеріалів і висновків кандидатської дисертації Поліщука С.С.

## **3. Основні результати дисертації та ступінь їх новизни.**

Наукова новизна досліджень і одержаних результатів полягає в наступному:



1. Встановлено фізичні умови формування квазікристалічних та апроксимантних структур безпосередньо в процесі фізичного осадження парової фази на прикладі систем Al-Cu-Fe, Al-Cr-Fe, Al-Co та визначено вплив температури осадження на параметри мікроструктури і структурну досконалість квазікристалів та апроксимантів.

2. Вперше визначено комплекс механічних, трибологічних, дисипативних та електрофізичних властивостей гомогенних та гетерогенних покриттів систем Al-Cu-Fe та Al-Cr-Fe, що містять квазікристалічну або апроксимантну фази. Запропоновано пояснення відмінності механізмів дисипації енергії в наноструктурованих та гетерогенних покриттях Al-Cu-Fe та Al-Cr-Fe, що містять квазікристалічну або апроксимантну фази.

3. Встановлено, що в результаті осадження квазікристалічних покриттів системи Al-Cu-Fe при високих температурах на підкладки, матеріал яких характеризується низьким коефіцієнтом термічного розширення, і подальшого охолодження до кімнатної температури, в покриттях розвиваються розтягуючі напруження, величина яких може досягати 1100 МПа. Промодельовано та проаналізовано розподіл залишкових напружень у покриттях та визначено вплив коефіцієнтів температурного розширення матеріалів підкладок та різних типів буферних шарів на величину напружень у квазікристалічних покриттях системи Al-Cu-Fe.

4. Встановлено, що основним механізмом релаксації напружень у квазікристалічних покриттях Al-Cu-Fe є наскрізне розтріскування, і визначено значення критичного коефіцієнта інтенсивності напружень  $K_{Ic}$  матеріалу квазікристалічного покриття:  $(1,6 \pm 0,1) \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ .

5. Вперше розроблено методику оцінки макронапружень у квазікристалічних покриттях за допомогою модифікованого рентгенівського методу  $\text{Sin}^2\psi$ . На основі експериментально отриманих значень макронапружень, ЛКТР та критичного коефіцієнта інтенсивності напружень у квазікристалічних покриттях Al-Cu-Fe, визначено значення їх критичної товщини, вище якої стає ймовірним їх наскрізне розтріскування.

6. Вперше встановлено, що зменшення розміру зерен в квазікристалічних та апроксимантних матеріалах до наномасштабних величин приводить до значного зростання їх власної демпфуючої здатності при підвищених температурах. Показано, що температурна залежність демпфуючої здатності в наноструктурованих СКБ-матеріалах має пороговий характер: демпфування починає експоненціально зростати при температурах, вищих 500 К. При цьому демпфуюча здатність цих матеріалів має слабку залежність від амплітуди деформації в температурному діапазоні 300...600 К. Така поведінка пов'язується зі зміною механізму дисипації енергії з дислокаційного на переважно зернограничний при переході від мікро- до наномасштабного розміру зерен у вакуумних СКБ-конденсатах.

7. Встановлено фізичні умови формування апроксиматної фази  $\gamma_2\text{-Al}_4\text{Cu}_9$  в процесі реакційної дифузії в багатошарових фольгах системи Al-Cu і визначений вплив періоду модуляції евтектичних багатошарових фольг Al/Cu на послідовність і температурний діапазон реакцій у фольгах при нагріванні. В рамках запропонованого фізичного пояснення впливу періоду модуляції на фазоутворення у багатошарових фольгах Al-Cu показано, що утворення фаз  $\text{Al}_2\text{Cu}$  і  $\gamma_2\text{-Al}_4\text{Cu}_9$  відбувається переважно на міжфазних границях між шарами Al і Cu та між  $\text{Al}_2\text{Cu}$  і Cu, відповідно, тоді як утворення фази  $\beta_1\text{-AlCu}_3$  відбувається на границях стовпчастих зерен Cu.

#### **4. Ступінь достовірності результатів, обґрунтованість наукових положень та висновків, що сформульовані в дисертації.**

Достовірність отриманих результатів базується на взаємодоповнюючих експериментальних даних, отриманих за допомогою сучасних експериментальних методів дослідження, моделюванні розподілу залишкових напружень у квазікристалічних покриттях. Оброблено великий масив опублікованих робіт (теоретичних та експериментальних) інших науковців, що займаються квазікристалічними та апроксимантними сплавами, результати яких узгоджуються з результатами, отриманими в даній роботі. Отримані результати досліджень напруженого стану квазікристалічних покриттів і застосування енергетичного підходу Гріффітса дозволили визначити важливі з практичної точки зору характеристики квазікристалічного покриття, такі як: в'язкість руйнування та критична товщина.



Матеріали дисертації надруковано в вітчизняних та закордонних фахових виданнях з високим рейтингом (8 статей у реферованих журналах, віднесених до 1-го і 2-го квартилів (Q1 і Q2), 8 статей в журналах, віднесених до 3-го та 4-го квартилів (Q3 і Q4) відповідно до класифікації SCImago, 5 статей у журналах, включених до переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»). Опубліковані статті цитуються як вітчизняними так і закордонними фахівцями (113 посилань в 96 роботах). Згідно Scopus, матеріали публікацій, які відносяться до даної дисертації, тобто починаючи з 2005 року, мають індекс Гірша  $h = 6$  (без врахування самоцитовування). Апробація результатів роботи підтверджується участю в багатьох конференціях в Україні та за кордоном.

### **5. Практичне значення одержаних результатів.**

Встановлені в дисертаційній роботі закономірності напруженого стану квазікристалічних покриттів, отриманих методами фізичного осадження, дозволяють визначити оптимальні умови, необхідні для формування бездефектних покриттів із квазікристалічною структурою, а саме величину критичної товщини, вище за яку спостерігається їх розтріскування. Це дозволило створити фізико-технічні основи одержання товстих покриттів на основі квазікристалічної або апроксимантної структури, які можуть бути використані як покриття функціонального призначення.

### **6. Апробація результатів роботи**

Результати дисертаційної роботи доповідались на наступних конференціях:

- The 9th International Conference on Quasicrystals May 22 - 26, 2005, Ames, USA; The 10th Symposium on Materials in a Space environment, Collioure, France, 19-23 Juin 2006; Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих учених та спеціалістів “Зварювання та суміжні технології”, 23-25 травня 2007. – Ворзель;
- II Вторая международная конференция “Наноразмерные системы: строение – свойства – технологии” НАНСИС – 21-23 ноября 2007, Киев; 4th International Workshop “Diffusion and Diffusional Phase Transformations in Alloys” DIFTRANS-2007, 16-21 July 2007, Sofiyivka (Uman);
- Международная конференция “Сварка и родственные технологии – в третье тысячелетие”, 24-26 ноября 2008. – Киев; International Conference on Complex Metallic Alloys and their Complexity (C-MAC-1), 4-7 October, 2009 – Nancy (France);
- VI Международная конференция “Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследования, применение, экологически чистые технологии производства и утилизации изделий” МЕЕ-2010, 20-24 сентября 2010 – Большая Ялта;
- 11th international conference NANO-2023, August 16 –19, Bukovel, Ukraine; 12th international conference NANO-2024, August 21 – 24, Uzhhorod, Ukraine; The International Conference “Welding and Related Technologies” (WRT 2024), Yaremche, 7-10 October 2024.

### **7. Повнота викладення матеріалів дисертації у публікаціях**

Основні результати дисертації викладено у 37 наукових роботах, з яких 21 стаття (з них 8 статей у реферованих журналах, віднесених до 1-го і 2-го квартилів (Q1 і Q2), 8 статей в журналах, віднесених до 3-го та 4-го квартилів (Q3 і Q4) відповідно до класифікації SCImago, 5 статей у журналах, включених до переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»)), та 16 тез доповідей на міжнародних і українських наукових конференціях.

Перелік найбільш важливих публікацій:

1. Mikhalenkov V.S., Tsapko E.A., Polishchuk S.S., Ustinov A.I. Positron annihilation study of vacancy-type defects in stoichiometric and non-stoichiometric Al-Cu-Fe quasicrystalline alloys // Journal of Alloys and Compounds. – 2005. – Vol. 386. – pp. 192-196. DOI: 10.1016/j.jallcom.2004.06.021. (дослідження структури, аналіз і узагальнення одержаних результатів, написання статті) **Q1**.
2. Milman Yu.V., Lotsko D.V., Dub S.N., Ustinov A.I., Polishchuk S.S., Ulshin S.V. Effect of grain size on the mechanical behavior of quasicrystalline materials based on the Al-Cu-Fe system //



- Reports of the NAS of Ukraine. Mathematics. Natural Sciences. Technical Sciences. – 2005. – No. 6. – pp. 93-98. (дослідження структури, аналіз і узагальнення одержаних результатів)
3. Ustinov A.I., Polishchuk S.S. Peculiarities of structure and properties of quasicrystalline Al-Cu-Fe coatings produced by the EBPVD process // Philosophical Magazine. – 2005. – Vol. 86. – No. 6-8. – pp. 971-977. DOI: 10.1080/14786430500263454. (дослідження структури, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q3**.
  4. Korotash I.V., Polishchuk S.S., Ustinov A.I., Rudenko E.M., Rzheshhevskaya O.I. Microwave studies of Al-Cu-Fe coatings containing quasicrystalline phase // Metallofizika i Noveishie Tekhnologii. – 2007. – Vol. 29. – pp. 21-30. (ідея і планування дослідження, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q3**.
  5. Sales M., Merstallinger A., Ustinov A.I., Polishchuk S.S., Melnichenko T.V. Effect of the addition of crystalline  $\beta$ -phase in Al-Cu-Fe quasicrystalline coatings on their tribological properties // Surface and Coatings Technology. – 2007. – Vol. 201. – pp. 6206-6211. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2006.11.014. (дослідження структури, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q1**.
  6. Milman Yu.V., Lotsko D.V., Dub S.N., Ustinov A.I., Polishchuk S.S., Ulshin S.V. Mechanical properties of quasicrystalline Al-Cu-Fe coatings with submicron-sized grains // Surface and Coatings Technology. – 2007. – Vol. 201. – pp. 5937-5943. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2006.10.048. (дослідження структури, аналіз і узагальнення одержаних результатів) **Q1**.
  7. Ustinov A.I., Polishchuk S.S., Skorodzievskii V.S., Bliznuk V.V. Effect of grain size on the damping capacity of quasicrystalline Al-Cu-Fe materials // Surface and Coatings Technology. – 2008. – Vol. 202. – pp. 5812-5816. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2008.05.049. (дослідження структури, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q1**.
  8. Ustinov A.I., Polishchuk S.S., Skorodzievskii V.S., Bliznuk V.V. Damping capacity of nanoquasicrystalline Al-Cu-Fe materials // Journal of Physics: Conference Series. – 2008. – Vol. 98. – pp. 072002. DOI: 10.1080/00150190490462964. (дослідження структури, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q2**.
  9. Ustinov A., Polishchuk S., Skorodzievskii V., Telychko V. Structure and properties of quasicrystalline and approximant EBPVD coatings of Al-based systems // Zeitschrift für Kristallographie. – 2009. – Vol. 224. – pp. 9-12. DOI: 10.1524/zkri.2009.1109. (дослідження структури, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q3**.
  10. Polishchuk S., Telychko V., Ustinov A. Formation of complex crystalline phases in alloys of Al-Co system at their deposition from vapor phase // Sovremennaya elektrometallurgiya. – 2009. – Vol. 1. – pp. 34-38. (планування експериментів, дослідження структури, аналіз літературних джерел і написання статті)
  11. Ustinov A.I., Polishchuk S.S., Telychko V.A., Mel'nichenko T.V. Influence of boron additions on the dissipative properties of quasicrystalline Al-Cu-Fe coatings // Metallofizika i Noveishie Tekhnologii. – 2009. – Vol. 31. – No. 6. – pp. 847-854. (дослідження структури, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q3**.
  12. Ustinov A.I., Matvienko Ya.I., Polishchuk S.S., Shishkin A.E. Investigation of phase transformations and plastic deformation at continuous heating of Al/Cu multilayer foil // The Paton Welding Journal. – 2009. – Vol. 10. – pp. 23-27. (дослідження структури, аналіз літературних джерел)
  13. Ustinov A., Demchenkov S., Telychko V., Polishchuk S. Thermal stability of nanostructured vacuum Al<sub>63</sub>Cu<sub>26</sub>Fe<sub>11</sub> condensates // Sovremennaya elektrometallurgiya. – 2010. – Vol. 4. – pp. 11-15. (дослідження структури, аналіз літературних джерел).
  14. Polishchuk S., Boulet P., Mézin A., de Weerd M.-C., Weber S., Ledieu J., Dubois J.-M., Fournée V. Residual stress in as-deposited Al-Cu-Fe-B quasicrystalline thin films // Journal of Materials Research. – 2012. – Vol. 27. – pp. 837. DOI: 10.1557/jmr.2011.415 (ідея і планування експериментів, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q1**.
  15. Ustinov A.I., Demchenkov S.A., Telychko V.A., Polishchuk S.S. Phase transformations during heating of nanostructured vacuum condensates Al□□Cu□□Fe□□ // Nanosistemi, nanomateriali, nanotehnologii. – 2012. – Vol. 10. – No. 2. – pp. 369-378. (дослідження структури, аналіз літературних джерел) **Q4**.



16. Polishchuk S.S., Ustinov A.I., Telychko V.A., Mozdzen G., Merstallinger A., Mel'nichenko T.V. Conditions for obtaining defect-free quasicrystalline Al-Cu-Fe coatings by electron-beam vacuum deposition // *Sovremennaya electrometallurgiya*. – 2014. – No. 1 (114). – pp. 19-27. (ідея і планування досліджень, аналіз літературних джерел і написання статті).
17. Polishchuk S.S., Berezina A.L., Davydenko A.A., Spuskanyuk V.Z., Fixsen V.N., Yashchenko A.V., Burkhavetskiy V.V. Structure and properties of A356-AlCuFe composite, produced using electromagnetic stirring // *Metallofizika i noveishie tehnologii*. – 2014. – Vol. 36. – pp. 1189-1205. DOI: 10.15407/mfint.36.09.118. (ідея і планування досліджень, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q3**.
18. Polishchuk S.S., Ustinov A., Telychko V., Merstallinger A., Mozdzen G., Melnichenko T. Fabrication of thick, crack-free quasicrystalline Al-Cu-Fe coatings by electron-beam deposition // *Surface & Coatings Technology*. – 2016. – Vol. 291. – pp. 406-412. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2016.03.002. (ідея і планування досліджень, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q1**.
19. Skorodzievskii V.S., Ustinov A.I., Polishchuk S.S., Demchenkov S.A., Telychko V.O. Dissipative properties of Al-(Fe, Cr) vacuum coatings with different composite structures // *Surface and Coatings Technology*. – 2019. – Vol. 367. – pp. 179-186. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2019.03.074. (дослідження структури, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q1**.
20. Matvienko Ya.I., Polishchuk S.S., Rud O.D., Mika T.M., Ustinov A.I., Demchenkov S.O. Influence of non-equilibrium conditions of reaction interaction of Cu and Al in the solid phase on the process of formation of Al<sub>4</sub>Cu<sub>9</sub> phase in the Cu-Al system // *Metallofiz. Noveishie Tekhnologii*. – 2020. – Vol. 42. – pp. 143-157. DOI: 10.15407/mfint.42.02.0143. (дослідження структури, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q3**.
21. Polishchuk S., Ustinov A., Matvienko Y., Demchenkov S., Skoryk M., Zahorulko I., Molebny O., Kotko A. Correlation between the modulation period and phase formation in multilayered eutectic Al/Cu foils // *Metallofiz. Noveishie Tekhnologii*. – 2024. – Vol. 46. – No. 10. – pp. 1007-1030. (дослідження структури, аналіз літературних джерел і написання статті) **Q3**.

Оприлюднені в періодичних виданнях наукові праці Поліщука С.С. відповідають темі дисертації та відображають її зміст.

За своїм змістом та результатами дисертація Поліщука С.С. відповідає спеціальності 01.04.13 – фізика металів і є завершеною науково-дослідною роботою, яка виконана на сучасному науковому рівні.

За актуальністю теми, обсягом проведених досліджень, новизною, об'ємом та якістю отриманих результатів дисертаційна робота Поліщука С.С. відповідає всім вимогам, що висуваються до докторських дисертацій.

Враховуючи викладене, Наукові збори рекомендують дисертаційну роботу Поліщука Сергія Станіславовича «Структура і фізико-механічні властивості покриттів на основі алюмінію з квазікристалічними та апроксимантними фазами» до захисту на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.13–фізика металів в Спеціалізованій вченій раді Д 26.168.01 при Інституті металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України. Дисертація представляється до захисту вперше.

Учений секретар Наукових зборів  
Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова  
НАН України  
д.ф.-м.н., ст. дослідник

Владислав ШИВАНЮК