

Ю. В. Найдіч, І. І. Габ, Т. В. Стецюк, Б. Д. Костюк, С. І. Мартинюк\*

## КІНЕТИКА ДИСПЕРГУВАННЯ-КОАГУЛЮВАННЯ ПРИ ВІДПАЛІ У ВАКУУМІ НАНОПЛІВОК ПАЛАДІЮ ТА ПЛАТИНИ, НАНЕСЕНИХ НА ОКСИДНІ ТА НЕОКСИДНІ МАТЕРІАЛИ

Досліджено кінетику диспергування паладієвих та платинових наноплівок 100 нм завтовшки, нанесених на оксидні та неоксидні підкладки (кварцове скло, лейкосапфір, кераміку на основі  $ZrO_2$ , скловуглець) та відпалених у вакуумі за температур 1000—1600 °С впродовж різного часу витримки при кожній температурі. Побудовано кінетичні криві процесу диспергування цих плівок та висловлено рекомендації щодо їх практичного застосування.

**Ключові слова:** кінетика, диспергування, платинова та паладієва наноплівки, відпал, підкладка.

### *Вступ*

Поглиблене вивчення фізичних властивостей тонких металевих плівок стимульоване широким практичним застосуванням металевих конденсатів у багатьох галузях техніки. Зокрема, при з'єднанні таких неметалевих матеріалів, як оксидна та неоксидна кераміки, монокристали, матеріали на основі вуглецю тощо, паянням чи зварюванням тиском часто використовують металеві покриття різних товщин, які нанесені на ці матеріали [1—5]. Металізація поверхонь таких матеріалів забезпечує достатнє змочування їх розплавленими металами, що визначає саму технологічну можливість формування паяного з'єднання, а також обумовлює міцність та інші властивості з'єднань.

Найчастіше для паяння неметалевих матеріалів використовують такі адгезійно-активні метали, як титан, ніобій та гафній [2—14]. Платинові та паладієві покриття на неметалах також широко застосовуються в техніці [15—20]. Ці метали цікаві тим, що з'єднання, отримані з їхнім використанням, можуть працювати в окиснювальному середовищі при високих температурах.

Оскільки при паянні або зварюванні тиском металізовані неметалеві деталі мають бути нагрітими до досить високих температур (1300—1600 °С), вивчення процесів диспергування, які відбуваються при відпалі в цих металевих наноплівках, має не тільки пізнавальний інтерес, але й практичне значення для розробки технологічних режимів з'єднання неметалевих матеріалів.

---

\* Ю. В. Найдіч — академік НАН України, доктор технічних наук, професор, завідуючий відділом, Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України, Київ; І. І. Габ — кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник, там же; Т. В. Стецюк — науковий співробітник, там же; Б. Д. Костюк — кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, там же; С. І. Мартинюк — головний механік, там же.

Товщина металевих покриттів 100 нм нами вибрана з огляду на те, що, як показали наші попередні дослідження [21], добре змочування металевими припійними розплавами забезпечують плівки завтовшки 40—60 нм. Використання більш товстих шарів плівок призводить до труднощів: слабка початкова адгезія нанесеної плівки до основи при невисоких температурах, звичайно не вищих  $\sim 100$  °С (при цьому діють лише слабкі фізичні сили типу ван-дер-ваальсової взаємодії), а також напруження у міжфазній зоні плівка — основа (кристалізаційного та іншого характеру) ведуть до самовільного відшарування плівки від підкладки внаслідок, зокрема, різниці коефіцієнтів термічного розширення матеріалу плівок та основи.

### *Матеріали та методика експерименту*

Зразки підкладок виготовлені з кварцового скла, лейкосапфіру та кераміки на основі  $ZrO_2$  та скловуглецю і являли собою невеликі тонкі пластинки розмірами 4 x 3 x 1 мм. Одна з пласких поверхонь кожного зразка добре відполірована до шорсткості  $R_z = 0,03—0,05$  мкм. Після полірування всі зразки ретельно знежирені та відпалені в вакуумі при температурі 1100 °С впродовж однієї години.

На відпалені поверхні зразків наносили електронно-променевим розпиленням плівки паладію та платини завтовшки 100 нм впродовж 10 хв. Зразки в процесі нанесення плівок нагрівали не більш як на 100 °С, а товщину покриття вимірювали спеціальним кварцовим резонатором, який знаходився у вакуумній камері електронно-променевої установки ЕЛУ-2 поруч зі зразками. Якість нанесених плівок контролювали за допомогою металографічного мікроскопу XJL-17. Зразки з нанесеними на них паладієвими та платиновими плівками відпалювали у вакуумі не гірш  $2 \cdot 10^{-3}$  Па впродовж різних проміжків часу (від 2 до 20 хв) та при різних температурах (від 1000 до 1600 °С).

Відпалені зразки досліджені за допомогою скануючих електронних мікроскопів JSM-6700 F, ZEISS EVO SO XVP та атомно-силового мікроскопу NanoScope IIIa з отриманням мікрофотографій. З використанням цих мікрофотографій визначено площі острівців металу на поверхні неметалевих зразків планіметричним методом зважування, тобто маси вирізаних елементів металізованих поверхонь зразків [22]. Отримані експериментальні дані оброблено у вигляді графіків, які демонструють залежність площ поверхонь зразків, вкритих платиновими та паладієвими наноплівками від параметрів відпалу (температура, час).

### *Результати досліджень та їх обговорення*

Вихідні плівки обох металів на всіх досліджених матеріалах були суцільними, без будь-яких суттєвих дефектів і на мікрофотографіях, отриманих з використанням електронних скануючих мікроскопів, видно лише темне поле однорідного темно-сірого кольору. В результаті відпалу спостерігалися відмінності в поведінці плівок, нанесених на кварцове скло та сапфір. Плівки як паладію, так і платини на кварцовому склі почали розпадатися вже після відпалу при 1000 °С і після п'ятихвилинної витримки плівки обох металів практично повністю розпалися на доволі

великі тверді “краплі”, які вкрили лише близько 40% поверхні кварцової підкладки, причому вже помітною є певна взаємодія, зокрема, паладію з кварцовим склом (рис. 1, *a*). Слово “краплі” написано в лапках тому, що при такій температурі (1000 °C), яка є набагато нижчою за температуру плавлення обох металів, і досить значній товщині вихідних плівок (100 нм) неможливе утворення рідких крапель. Збільшення температури відпалу до 1100 °C практично не змінює ні характеру розпаду плівок, ні частину площі кварцової підкладки, вкритої металом (рис. 2—4).

На фотографії паладієвої плівки, відпаленої при 1100 °C протягом 10 хв, зробленій за допомогою атомно-силового мікроскопу (рис. 3, *a*), наочно видно великі “краплі” паладію, висота яких сягає 700 нм (рис. 3, *b*, *в*). “Краплі” розташовані на значній відстані одна від одної та вкривають близько 25% площі підкладки.

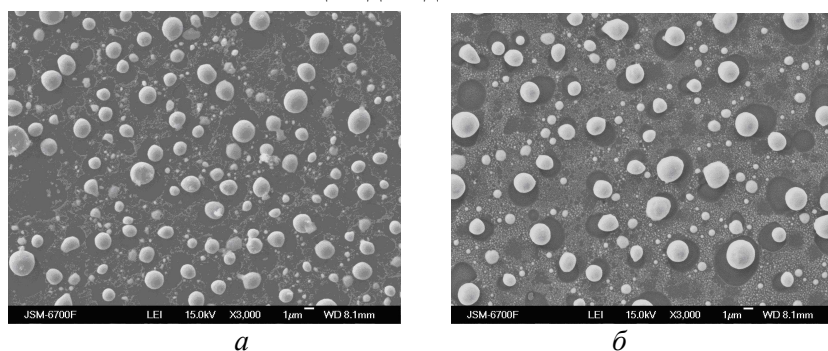


Рис. 1. Плівка паладію (x3000) завтовшки 100 нм на кварцовому склі, відпалена у вакуумі при 1000 (*a*) та 1200 °C (*б*) впродовж 5 хв

Fig. 1. Palladium films(x3000) of 100 nm thickness on quartz glass annealed in a vacuum at temperatures 1000 (*a*) and 1200 °C (*б*) during 5 min

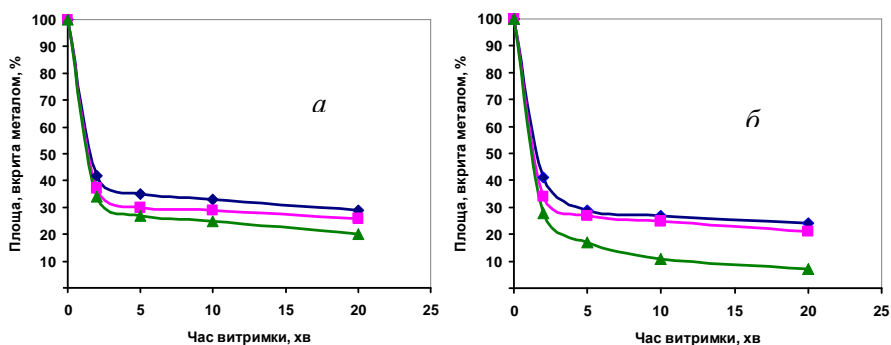


Рис. 2. Залежність площі кварцового скла, вкритого металевою плівкою з паладію (*a*) та платини (*б*), від часу відпалу при температурах 1000 (◆), 1100 (■) та 1200 °C (▲)

Fig. 2. The dependence of quartz glass area covered by metal film from palladium (*a*) and platinum (*б*) on annealing time at various temperatures 1000 (◆), 1100 (■) та 1200 °C (▲)

Внаслідок відпалу плівок при 1200 °С вони розпадаються інтенсивніше, взаємодія металів з кварцовим склом значно збільшилася, процес розпаду плівок завершився вже після п'ятихвилинного відпалу (рис. 1, б) і подальша витримка до 20 хв при цій температурі майже не змінила площ підкладок, вкритих металами (рис. 2, а), причому "краплі" паладію вкривають лише близько 7% поверхні кварцової підкладки.

Відпал паладієвої плівки на лейкосапфірі виявив стрімкий розпад плівки протягом перших двох—пяти хвилин в інтервалі температур 1100—1400 °С (рис. 5, а). Подальша витримка при кожній температурі призводить лише до перегрупування "крапель" за розмірами та чисельністю і до незначного зменшення площі лейкосапфіру, вкритого ними. В результаті відпалу при температурах 1300—1400 °С відбувається

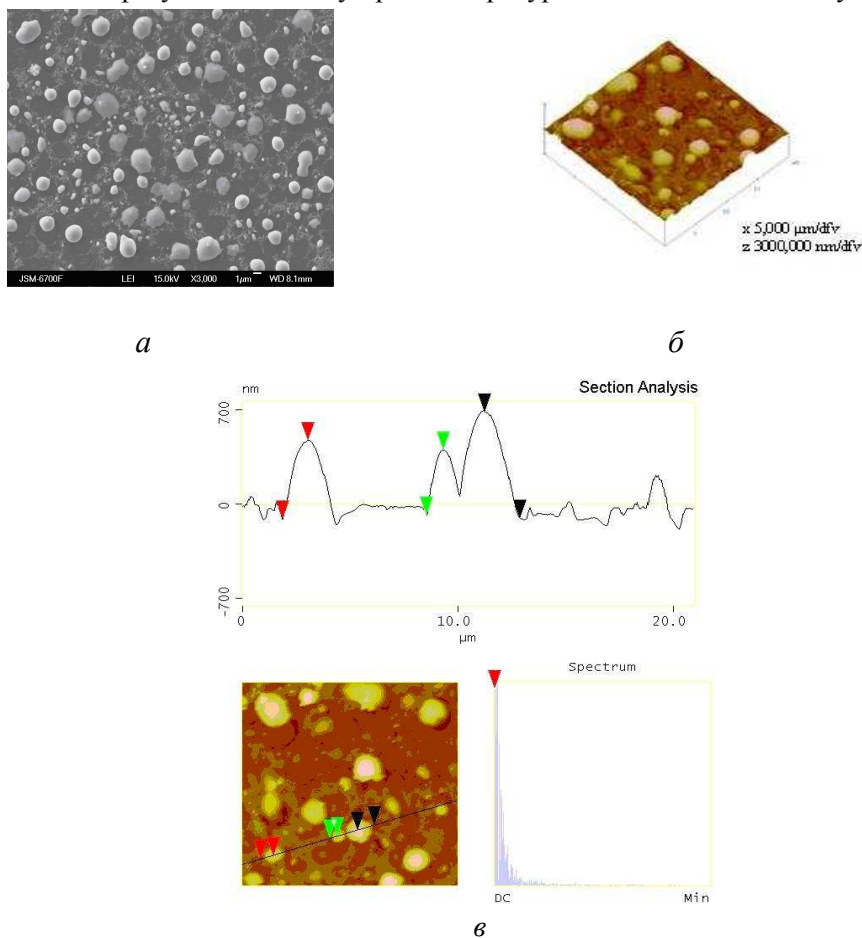


Рис. 3. Плівка паладію завтовшки 100 нм на кварцовому склі, відпалена при 1100 °С протягом 10 хв у вакуумі: а — під скануючим мікроскопом, x3000; б — під атомно-силовим мікроскопом; в — профілограма плівки

Fig. 3. Palladium film of 100 nm thickness on quartz glass annealed in a vacuum at 1100 °С during 10 min: а — scanning microscope, x3000; б — atomic force microscope; в — profilogram of film

часткове випаровування паладію та певна взаємодія його з лейкосапфіром (рис. 6, *a*). На мікрофотографії паладієвої плівки на лейкосапфірі, яка відпалена при 1400 °С у вакуумі протягом 10 хв, зробленій за допомогою атомно-силового мікроскопу, видно, що плівка перетворилася на окремі поодинокі “краплі” значної вишини (300—1000 нм) (рис. 6, *б*, *в*), котрі вкривають лише близько 5% поверхні лейкосапфірової підкладки.

Характер розпаду при відпалі платинових наноплівок на кварцовому склі подібний до поведінки паладієвої плівки, тобто є наявними стрімкий розпад у перші хвилини відпалу та взаємодія з кварцовим склом (рис. 4, *a*, *б*; 2, *б*), що, правда, при температурі відпалу 1200 °С платинова плівка вкриває приблизно вдвічі більшу площу підкладки порівняно з паладієвою в тих же умовах (рис. 2).

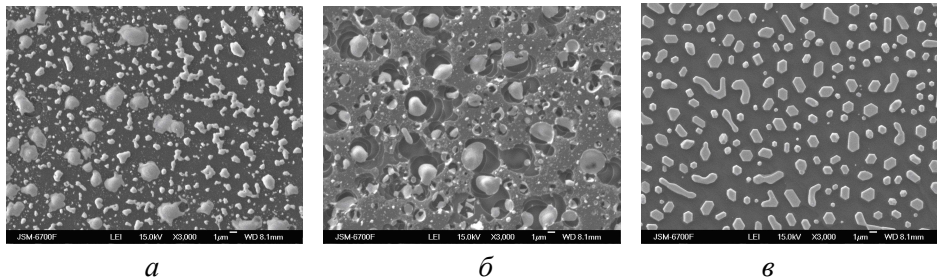


Рис. 4. Плівка платини завтовшки 100 нм на кварцовому склі (*a*, *б*) та лейкосапфірі (*в*), відпалена у вакуумі при різних температурах протягом різного часу, х3000: *a* — 1100 °С, 5 хв; *б* — 1200 °С, 5 хв; *в* — 1500 °С, 10 хв

Fig. 4. Platinum films of 100 nm thickness on quartz glass (*a*, *b*) and onto leucosapphire (*c*) annealed at different temperatures during different times in vacuum, x3000: *a* — 1100 °C, 5 min; *b* — 1200 °C, 5 min; *c* — 1500 °C, 10 min

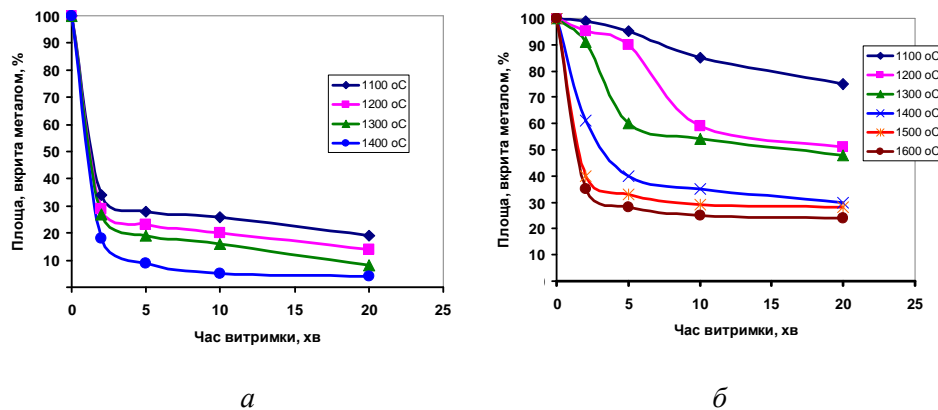
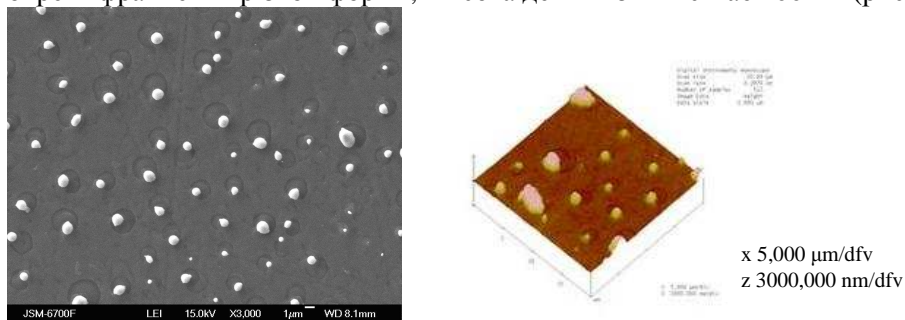


Рис. 5. Залежність площі лейкосапфіру, вкритої металевою плівкою з паладію (*a*) та платини (*б*), від часу відпалу при різних температурах

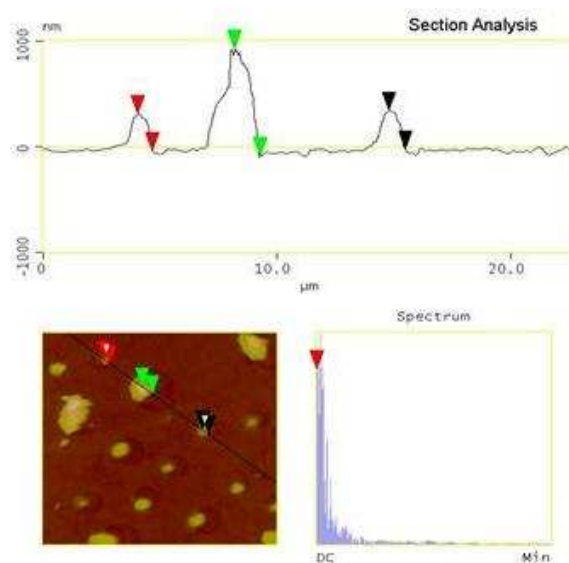
Fig. 5. Dependence of leucosapphire area covered by metal film from palladium (*a*) and platinum (*b*) on annealing time at various temperatures

Поведінка при відпалі більш жароміцної платинової наноплівки, нанесеної на лейкосапфір, дещо відрізняється від поведінки паладієвої. Платинова плівка розпадається значно повільніше за паладієву і вкриває значно більшу площу підкладки навіть при досить високих температурах відпалу (1500—1600 °С) (рис. 5, б). Інтенсивний розпад більш тугоплавкої платинової плівки на лейкосапфірі протягом перших двох—п’яти хвилин витримки відбувається при дещо вищій температурі (1400—1600 °С) в порівнянні з паладієвою плівкою. При температурі 1400 °С після десятихвилинного відпалу платинова плівка вже повністю розпалася на окремі фрагменти різної форми, висота деяких з них сягає 400 нм (рис. 7),



*a*

*б*



*в*

Рис. 6. Плівка паладію завтовшки 100 нм на лейкосапфірі, відпалена у вакуумі при 1400 °С протягом 10 хв: *a* — під скануючим мікроскопом, x3000; *б* — під атомно-силовим; *в* — профілограма плівки

Fig. 6. Palladium film of 100 nm thickness onto leucosapphire annealed in vacuum at 1400 °С during 10 min: *a* — scanning microscope, x3000; *б* — atomic force microscope; *в* — film profilogram

а після такого же самого відпалу при 1500 °С фрагменти плівки почали кристалізуватися (рис. 4, *в*) і з подальшим збільшенням температури та часу відпалу ця кристалізація стає ще більш виразною, але навіть після відпалу при 1600 °С фрагменти плівки вкривають близько третини площі підкладки. Таким чином, платинова наноплівка на лейкосапфірі найбільш придатна для використання її з метою виготовлення високотемпературних паяних з'єднань лейкосапфірових виробів.

Характер розпаду при відпалі платинової наноплівки, нанесеної на диоксидно-цирконієву підкладку, подібний до її розпаду на кварцовому склі, але відбувається трохи повільніше. Проте платинова наноплівка на лейкосапфірі розпадається повільніше, ніж на диоксидно-цирконієвій підкладці.

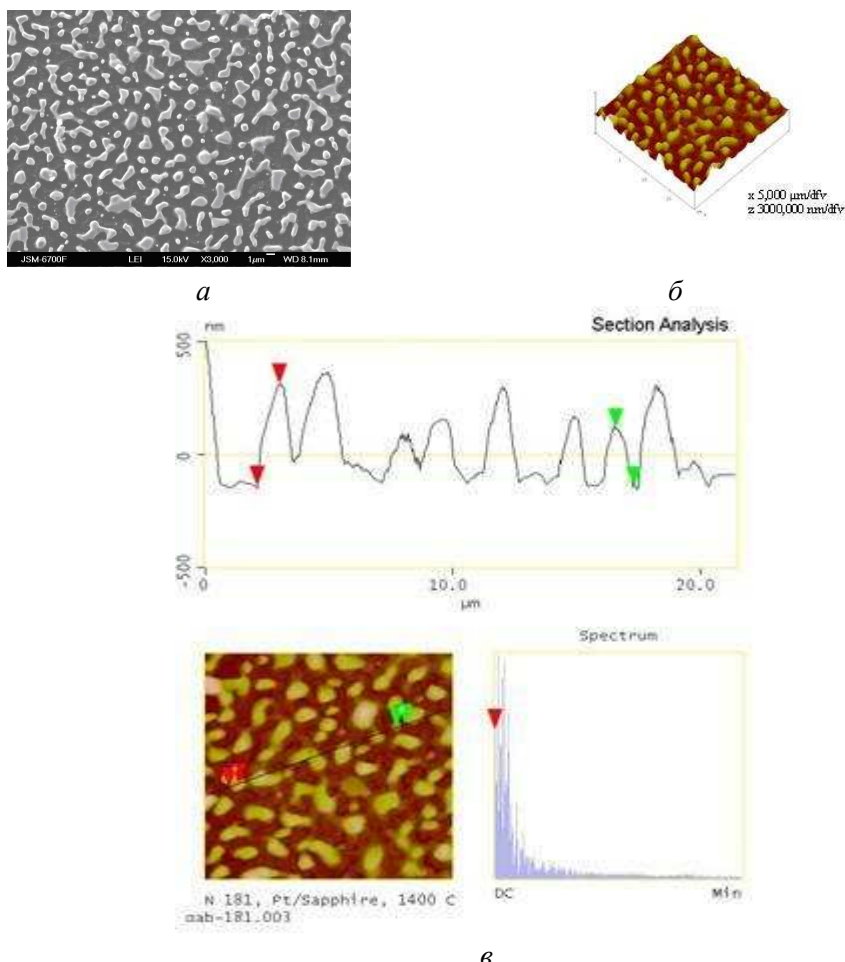


Рис. 7. Плівка платини завтовшки 100 нм на лейкосапфірі, відпалена у вакуумі при 1400 °С протягом 10 хв: *а* — під скануючим мікроскопом, x3000; *б* — під атомно-силовим; *в* — профілограма плівки

Fig. 7. Platinum film 100 nm thickness onto leucosapphire annealed in a vacuum at 1400 °C during 10 min: *a* — scanning microscope, x3000; *б* — an atomic force microscope; *в* — film profilogram



Рис. 8. Залежність площі диоксидно-цирконієвої кераміки, вкритої платиновою плівкою, від часу відпалу при температурах 1100 (◆), 1200 (■), 1300 (▲), 1400 (●) та 1500 °C (✕)

Fig. 8. ZrO<sub>2</sub> ceramic areas covered by platinum film dependence on annealing time at temperatures 1100 (◆), 1200 (■), 1300 (▲), 1400 (●) and 1500 °C (✕)

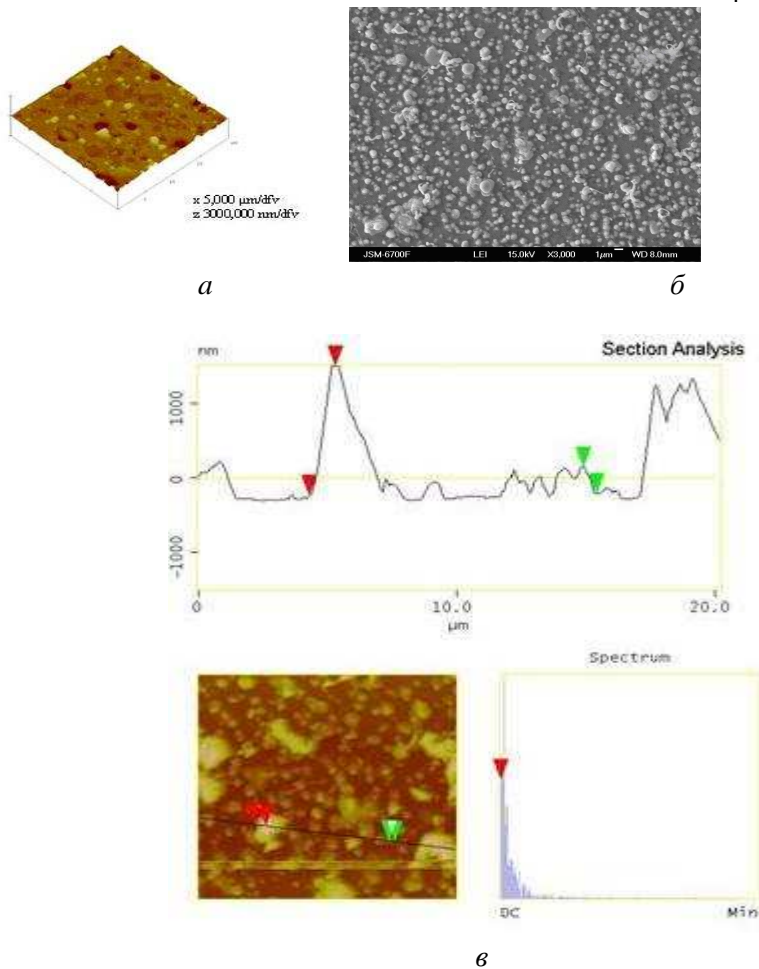
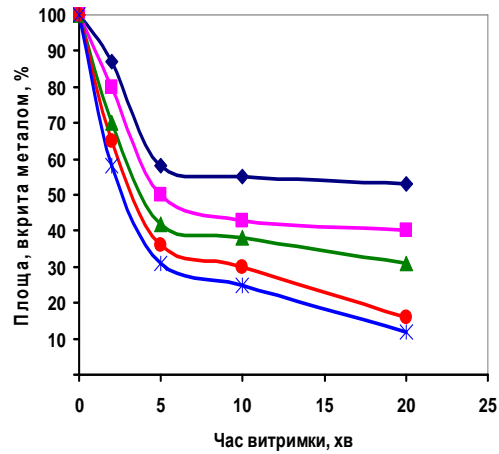


Рис. 9. Плівка паладію завтовшки 100 нм на скловуглеці, відпалена при 1000 °C протягом 2 хв у вакуумі: *a* — під скануючим мікроскопом, x3000; *б* — під атомно-силовою; *в* — профілограма плівки

Fig. 9. Palladium film 100 nm thickness onto carbon glass annealed in a vacuum at 1000 °C during 2 min: *a* — scanning microscope, x3000; *б* — an atomic force microscope; *в* — film profilogram



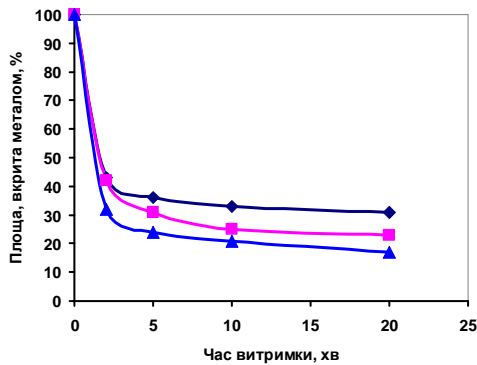


Рис. 10. Залежність площі скловуглецю, вкритої паладієвою плівкою, від часу відпалу при температурах 1000 (◆), 1100 (■) та 1200 °C (▲)

Fig. 10. Carbon glass areas covered by palladium film dependence on annealing time at temperatures 1000 (◆), 1100 (■) та 1200 °C (▲)

Так, якщо після п'ятихвилинної витримки при 1100 °C на кварцовому склі плівка вкриває лише 30% площі підкладки, то на діоксидно-цирконієвій підкладці в тих же умовах — 60% (рис. 8), а на лейкосапфірі після п'ятихвилинного відпалу платинова плівка тільки почала диспергувати та вкриває близько 95% площі підкладки (рис. 5, б). При збільшенні температури відпалу до 1500 °C після п'ятихвилинної витримки платинова плівка вкриває вже лише 30% площі діоксидно-цирконієвої підкладки, після десятихвилинної витримки ця площа зменшується несуттєво, а при збільшенні часу витримки до 20 хв розпад плівки інтенсифікується і площа підкладки, вкритої плівкою, зменшується вдвічі (рис. 8). Таким чином, можна стверджувати, що платинова плівка придатна для використання при виготовленні високотемпературних паяних з'єднань з діоксидно-цирконієвої кераміки з невеликою тривалістю витримки при температурах 1100—1500 °C.

При дослідженні диспергування плівки паладію на скловуглеці виявлено, що суцільна вихідна плівка розпадається вже при 1000 °C та ще й інтенсивно взаємодіє з матеріалом підкладки (рис. 9). Повний розпад плівки практично повністю завершується після п'ятихвилинного відпалу при температурах 1000—1200 °C. При цьому площа підкладки скловуглецю, вкрита паладієм, змінюється від 30% після двадцятихвилинного відпалу при 1000 °C до 17% після такої ж витримки при 1200 °C (рис. 10). Отже, паладієве покриття на скловуглеці навряд чи може знайти практичне застосування при паянні його з іншими матеріалами.

### Висновки

В результаті відпалу у вакуумі платинові та паладієві наноплівки на кварцовому склі досить стрімко диспергують на окремі фрагменти та “краплі” і вже після відпалу при 1200 °C повністю розпадаються, вкриваючи незначну площу підкладки, причому ще й відбувається взаємодія з кварцовим склом. Отже, для паяння кварцового скла ці плівки непридатні в якості металізаційних матеріалів.

Платинова плівка на діоксидно-цирконієвій кераміці розпадається значно повільніше, ніж на кварцовому склі. При температурі відпалу 1100—1200 °C платинова плівка вкриває близько 50% поверхні підкладки з діоксидно-цирконієвої кераміки при витримках до 10 хв, тому її можна

рекомендувати для металізації деталей з цієї кераміки для паяння при температурах до 1200 °С.

На лейкосапфировій підкладці паладієва плівка також стрімко розпадається при відпалі, оголюючи більш ніж 70% підкладки в перші хвилини відпалу. Платинова наноплівка на лейкосапфірі при відпалі, на відміну від паладієвої, розпадається значно повільніше і при більш високих температурах. Оскільки при температурах відпалу до 1300 °С платинова наноплівка вкриває майже 60% лейкосапфирової підкладки навіть при досить тривалих витримках її можна рекомендувати для металізації лейкосапфирових деталей з метою подальшого їх паяння при температурах до 1300 °С.

Оскільки паладієва плівка на скловуглеці стрімко розпадається вже після нетривалої витримки при 1000 °С та ще й інтенсивно взаємодіє з підкладкою, вкриваючи при цьому менш ніж 30% її площі, вона непридатна для металізації при паянні скловуглецю середньо- та високотемпературними припоями.

**РЕЗЮМЕ.** Исследована кинетика диспергирования палладиевых и платиновых нанопленок толщиной 100 нм, нанесенных на оксидные и неоксидные подложки (кварцевое стекло, лейкосапфир, керамику на основе  $ZrO_2$ , стеклоглерод) и отожженных в вакууме при температурах 1000—1600 °С в течение различного времени выдержки при каждой температуре. Построены кинетические кривые процесса диспергирования этих пленок и приведены рекомендации относительно их практического применения.

**Ключевые слова:** кинетика, диспергирование, платиновая и палладиевая нанопленки, отжиг, подложка.

1. Батыгин В. Н. Вакуумноплотная керамика и ее спай с металлами / В. Н. Батыгин, И. И. Метелкин, А. М. Решетников. — М. : Энергия, 1982. — 197 с.
2. Метелкин И. И. Сварка керамики с металлами / И. И. Метелкин, М. А. Павлов, Н. В. Поздеева. — М. : Металлургия, 1977. — 160 с.
3. Shalz M. L. Ceramic joining. III. Bonding of alumina via Cu/Nb/Cu interlayers / [M. L. Shalz, B. J. Dalgleish, A. P. Tomsia et al. ] // J. Mater. Sci. — 1994. — **29**, No. 14. — P. 3678—3690.
4. Marks R. A. Ceramic joining. IV. Effects of processing conditions on the properties of alumina joined via Cu/Nb/Cu interlayers / R. A. Marks, J. D. Sugar, A. M. Glaeser // Ibid. — 2001. — **36**, No. 23. — P. 5609—5624.
5. Marks R. A. Joining of alumina via copper/niobium/copper interlayers / [R. A. Marks, D. R. Chapman, D. T. Danielson et al.] // Acta Mater. — 2000. — **48**, No. 18—19. — P. 4425—4438.
6. Коганицкая Е. В. Спаи керамики с активными металлами // Электроника. — 1959. — № 4. — С. 86—93.
7. Harding F. L. Wetting of ceramic oxides by molten metals under ultrahigh vacuum / F. L. Harding, D. R. Rossington // J. Amer. Ceram. Soc. — 1970. — **53**, No. 2. — P. 87—90.

8. *Найдич Ю. В.* Пайка неметаллических материалов с металлами в вакууме заливкой припоя в паяльный зазор / [Ю. В. Найдич, И. И. Габ, В. С. Журавлев и др.] // Сварочное производство. — 1989. — № 2. — С. 12—14.
9. *Rhee S. K.* Wetting ceramic by liquid metals // J. Amer. Ceram. Soc. — 1971. — **54**, No. 7. — P. 332—334.
10. *Мельников В. В.* Изучение адгезии пленок ниобия на разноориентированных поверхностях  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / В. В. Мельников, С. В. Еремеев, С. Е. Кулькова // Журн. техн. физики. — 2011. — **81**, вып. 10. — С. 114—121.
11. *Qiao-ying T.* Infiltration bonding C/SiC composite and niobium [J] / T. Qiao-ying, C. Lai-fei, Z. Li-tong // J. of Aviation Mater. — 2004. — **24**, No. 1. — P. 53—56.
12. *Masaaki N.* Bonding behavior between niobium and reaction-sintered SiC / N. Masaaki, S. Tohru, O. Ikuo // Transaction of JWRI. — 1988. — **17**, No. 2. — P. 67—71.
13. *Габ И. И.* Контактное взаимодействие оксидных материалов с тугоплавкими металлами при высокотемпературной твердофазной сварке давлением / [И. И. Габ, В. С. Журавлев, Д. И. Куркова и др.] // Порошковая металлургия. — 1997. — № 7—8. — С. 69—74.
14. *Каракозов Э. С.* О механизме образования соединения при сварке в твердом состоянии керамики из окиси алюминия с ниобием / [Э. С. Каракозов, И. С. Котелкин, Г. Н. Матвеев и др.] // Физика и химия обработки материалов. — 1968. — № 3. — С. 123—128.
15. *Çiftyürek E.* Platinum thin film electrodes for high-temperature chemical sensor applications / E. Çiftyürek, K. Sabolsky, E. M. Sabolsky // Sensors and Actuators B: Chemical. — 2013. — **181**. — P. 702—714.
16. *Wrbanek J. D.* Preparation and analysis of platinum thin films for high temperature / J. D. Wrbanek, K. L. H. Laster // NASA/TM-2005-213433, 2005. — 24 p.
17. *Амиров И. И.* Влияние энергии ионов на морфологию поверхности пленки платины при высокочастотном ионно-плазменном распылении / [И. И. Амиров, В. В. Наумов, М. О. Изюмов, Р. С. Селюков] // Письма в ЖТФ. — 2013. — **39**, вып. 2. — С. 68—75.
18. *Nowakowski R.* AFM studies of the catalytic reaction of hydrogen with oxygen on thin Pd and Pt films under pressure  $\sim 101$  kPa / R. Nowakowski, P. Grzeszczak, R. Duš // Surf. Sci. — 2002. — **507—510**. — P. 813—818.
19. *Ramaswamy V.* Observation of the strengthening of Pt layers in Ni/Pt and Pd/Pt multilayers by in-situ substrate curvature measurement / [V. Ramaswamy, M. A. Phillips, W. D. Nix, B. M. Clemens] // Mater. Sci. and Engineering A. — 2001. — **319—321**. — P. 887—892.
20. *Shim J. Y.* Pd–Pt alloy as a catalyst in gasochromic thin films for hydrogen sensors / [J. Y. Shim, J. D. Lee, J. Mo Jin et al.] // Solar Energy Materials and Solar Cells. — 2009. — **93**, No. 12. — P. 2133—2137.

21. *Найдич Ю. В.* Кінетика диспергування при відпалі у вакуумі хромових та нікелевих наноплівочок, нанесених на оксидні матеріали / [Ю. В. Найдич, И. И. Габ, Т. В. Стецюк, Б. Д. Костюк] // Фізика і хімія твердого тіла. — 2014. — № 3. — С. 516—522.
22. *Найдич Ю. В.* Исследование процессов соединения (пайки) керамических материалов с использованием нанопленок металлов / [Ю. В. Найдич, И. И. Габ, Т. В. Стецюк и др.] // Доп. НАН України. — 2007. — № 35. — С. 97—104.

Надійшла 08.08.15

**Naidich Yu. V., Gab I. I., Stetsyuk T. V., Kostyuk B. D., Martynyuk S. I.**

**Kinetics of dispersion-coagulation of palladium and platinum nanofilms deposited onto oxide and nonoxide materials which was a result of annealing them in vacuum**

The disperse kinetics of palladium and platinum nanofilms of 100 nm thickness deposited onto oxide and nonoxide substrates (quartz glass, leucosapphire, ceramics based on  $ZrO_2$ , carbon glass) and annealed in vacuum at 1000—1600 °C for different exposure time at each temperature. Kinetic curves dispersion process of these films have been made and recommendations for practical application of them have been made also.

**Keywords:** *kinetics, dispersion, platinum nanofilms, palladium nanofilms, annealing, substrate.*