

УДК 666.3:539.5

**І. П. Фесенко^{1,*}, Л. В. Відута², В. І. Часник³,
В. Б. Нечитайло², Д. В. Бутенко², В. М. Ткач¹,
В. З. Туркевич¹, О. А. Марченко², І. І. Зеленська²,
О. М. Кайдаш¹, Т. Б. Сербенюк¹, Т. М. Бєляєва¹,
Є. Ф. Кузьменко¹, П. М. Томчук²**

¹Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля
НАН України, м. Київ, Україна

²Інститут фізики НАН України, м. Київ, Україна

³Державне підприємство “Науково-дослідний інститут “Оріон”,
м. Київ, Україна

*igorfesenko@ukr.net

Структура та вольт-амперні характеристики острівцевих плівок золота на високотеплопровідній вільноспеченій AlN-кераміці

*Повідомляється про структуру і електрофізичні властивості
острівцевих плівок золота на поверхні нітриду алюмінію.*

Ключові слова: *вільне спікання, нітрид алюмінію, золото,
острівцева плівка, вольт-амперні характеристики.*

Острівцеві металічні плівки на діелектричній підкладці почали інтенсивно досліджувати після відкриття ефекту [1, 2], який полягає у тому, що при проходженні електричного струму через тонкі металічні плівки з острівною структурою товщиною кілька десятків ангстрем (для золота від 40 до 80 Å) виникає емісійний струм, обумовлений тим, що частина електронів, які здійснюють переніс заряду між металічними острівцями в плівці, має компоненту швидкості, нормальну до поверхні плівки.

Одним з важливих параметрів острівцевої металічної структури є теплофізичні властивості діелектричної підкладки. Вплив теплопровідності діелектричної підкладки на поглинання енергії металічним острівцем було розглянуто в [3]. Автори показали, що в системі металічної острівцевої плівки на діелектричній підкладці при імпульсному опроміненні CO₂-лазером енергія поглинається на першому етапі електронною підсистемою. Потім частина енергії передається у формі тепла фононній підсистемі острівців (металічних

частинок), а також у вигляді тепла – діелектричній підкладці, на яку металічні острівці нанесено напиленням у вакуумі. Фононна температура T металічного острівця може бути оцінена як

$$T = WR/S_k\lambda, \quad (1)$$

де W – енергія, яку поглинув острівець; R – радіус острівця; S_k – площа теплового контакту з підкладкою; λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу підкладки.

Отже, металічний острівець може прийняти (поглинути електронною підсистемою і передати фононній підсистемі) без розплавлення набагато більшу енергію, ніж той самий об'єм суцільного металу.

Звичайно, острівцеві плівки золота або срібла наносять на кварц [4] або скло [5], які мають теплопровідність відповідно 0,35–1,51 та 0,74 Вт/(м·К). У даній роботі досліджували зміну електрофізичних властивостей острівцевих плівок золота при збільшенні теплопровідності підкладки у кілька десятків разів. У якості підкладок використовували сапфір (монокристал Al_2O_3) з теплопровідністю 25–30 Вт/(м·К) та полірований полікристалічний нітрид алюмінію (AlN), одержаний вільним спіканням, з теплопровідністю 120–140 Вт/(м·К) [6].

Структура одержаних плівок Au на підкладці AlN представлено на рис. 1, де добре видно три суміжні зерна нітриду алюмінію розміром ~ 10 мкм і острівці золота, що мають округлу форму діаметром від 50 до 500 нм (основний розмір – 100 нм). Середня віддаль між острівцями золота дорівнює кільком діаметрам острівців. Структура одержаних острівцевих плівок золота на нітриді алюмінію подібна до структури епітаксціальних частинок золота на монокристалі NaCl [7].

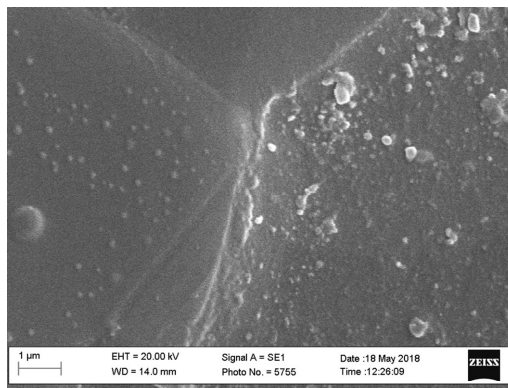


Рис. 1. Електронно-мікроскопічне зображення групи острівців золота на поверхні полірованих зерен полікристалу AlN.

Вольт-амперні характеристики плівок золота на сапфірі та нітриді алюмінію відрізняються від одержаних для скла. Наприклад, на склі максимальний струм через систему кластерної плівки срібла складає 210 мкА [5], а на підкладці з сапфіру через острівцеві плівки золота (довжиною 30 мкм, шириною 1 мм) було зареєстровано значення струму до 1750 мкА, на на підкладці з нітриду алюмінію – до 10 мА (рис. 2).

Зростання електричного струму через острівцеву плівку при збільшенні теплопровідності підкладки можна пояснити зниженням температури фононної підсистеми металічного острівця приблизно на два порядки за рахунок ефективного відводу тепла через фізичний контакт металічний острівець–діелектрична підкладка, якщо оцінити цю температуру за формулою (1). Це

може викликати істотне зменшення розсіяння електронів провідності на фонах кожного окремого острівця і, відповідно, ріст загального тунельного струму провідності, який протікає через двовимірну систему острівців.

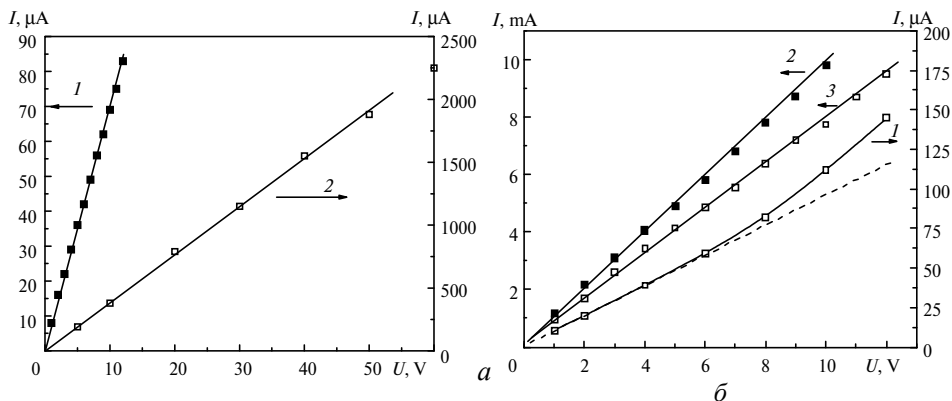


Рис. 2. Вольт-амперні характеристики острівцевих плівок Au на сапфірі (а) та нітриді алюмінію (б) після наплення (1), після “формування” (2), після витримки на повітрі впродовж одного місяця (3).

Таким чином, в плівці золота, яка має структуру острівців з середнім розміром 100 нм і середньою віддаллю між ними 500 нм, на високотеплопровідній діелектричній підкладці з нітриду алюмінію значення тунельного електричного струму досягає 10 мА при нарузі 10 В.

Сообщается о структуре и электрофизических свойствах островковых пленок золота на поверхности нитрида алюминия.

Ключевые слова: свободное спекание, нитрид алюминия, золото, островковая пленка, вольтамперные характеристики.

The structure and electro-physical properties of gold islet films on aluminum nitride surface are presented.

Keywords: pressureless sintering, aluminum nitride, gold, islet films, current-voltage characteristics.

1. Диплом на открытие № 31. Государственный реестр открытий СССР. Электронная эмиссия / Р. Д. Федорович, П. Г. Борзяк, О. Г. Сарбей. – Приоритет от 26 июня 1963 г.
2. Borzjak P. G., Sarbey O. G., Fedorowitsch R. D. Neue Erscheinungen in sehr duenner Metallschichten // Phys. Stat. Solidi. – 1965. – 8, N 1. – P. 55–58.
3. Belotsky E. D., Tomchuk P. M. Electron-phonon interaction and hot electrons in small metal islands // Surf. Sci. – 1990. – 239. – P. 143–155.
4. Ганичев Д. А., Докучаев В. С., Фридрихов С. А., Борзяк П. Г., Завьялов Ю. Г., Кулюпин Ю. А. Эмиссия электронов из диспергированных металлических пленок в СВЧ поле // Письма в ЖТФ. – 1975. – 1, вып. 8. – С. 386–389.
5. Gloskovskii A., Valdaitsev D., Nepijko S. A., Sedov N. N., Schönhense G. Electrical and emission properties of current-carrying silver cluster films detected by an emission electron microscope // Appl. Phys. A. – 2004. – 79. – P. 707–712.
6. Фесенко І. П., Сербенюк Т. Б., Часник В. І., Біловол В. С., Колодницький В. М., Лошак М. Г., Марченко А. А., Туз Ю. М., Струніна Ю. О., Ткач С. В., Фесенко Є. І., Шапурін І. П. Фізико-технічні властивості кераміки та композитів з керамічною матрицею на основі вюртцитного AlN // Сверхтв. материалы. – 2010. – № 1. – С. 44–56.
7. Непійко С. А. Физические свойства малых металлических частиц. – К.: Наук. думка, 1985. – 246 с.

Надійшов 07.06.18

Після доопрацювання 15.06.18

Прийнятий до опублікування 15.06.18