

УДК 666.3:539.5

**І. П. Фесенко^{1,*}, Л. В. Відута², Д. В. Часник³,
І. А. Петруша¹, Ю. Ю. Румянцева¹, В. М.Ткач¹,
В. І. Часник⁴, В. З. Туркевич¹, В. Б. Нечитайло²,
О. М. Кайдаш¹, В. В. Гаращенко¹**

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

²Інститут фізики НАН України, м. Київ, Україна

³Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки
та судових експертиз Служби безпеки України, м. Київ, Україна

⁴Державне підприємство Науково-дослідний інститут “Оріон”,
м. Київ, Україна

*igorfesenko@ukr.net

Структура острівцевих плівок золота на термобарично спеченому кубічному нітриді бору

Повідомляється про структуру острівцевих плівок золота на поверхні кубічного нітриду бору. Наведено середній розмір острівців, характер їх розподілу на поверхні, середня кількість на одиниці поверхні.

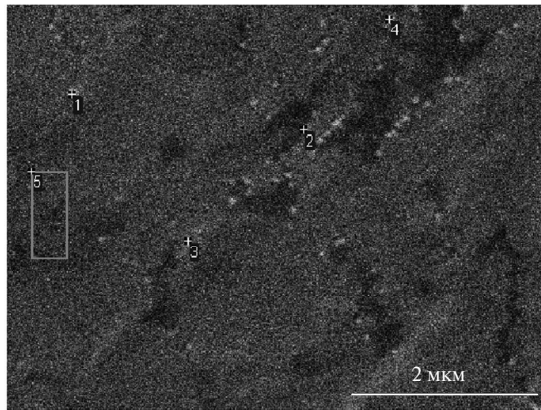
Ключові слова: термобаричне спікання, кубічний нітрид бору, золото, острівцева плівка.

Матеріали, здатні до поглинання мікрохвильової енергії, а також детальна інформація про їх частотні та температурні залежності є ключовими для розробки вакуумних електронних приладів [1]. Зменшення розмірів приладів при переході від гіга- до терагерцового діапазону довжин електромагнітних хвиль вимагає створення поряд з об'ємними системами типу діелектрична матриця–провідні частинки (BeO–SiC, AlN–Mo, AlN–SiC) також двовимірних систем типу діелектрична поверхня–провідні частинки для розробки, наприклад, систем уповільнення (delay systems) особливо малих розмірів. У цьому повідомленні представлено результати дослідження структурного стану одержаної двовірної системи діелектрична поверхня кубічного нітриду бору–провідні частинки золота.

Діелектричний матеріал готували спіканням порошкових компактів кубічного нітриду бору cBN з добавкою нітриду кремнію Si₃N₄ при температурі

2250 °C і тиску 8 ГПа в апараті високого тиску типу “тороїд”. В одержаному полікристалічному cBN середній розмір зерен дорівнював 5–10 мкм, що близько до середнього розміру частинок вихідного порошку cBN. Нітрид кремнію розподілений у матриці cBN як окремі включення. Нанесення острівцевої плівки золота розміром 1,0×0,03 мм, а також її електроформування при напрузі 20–30 В проводили в вакуумі за технологією, описаною в [2]. Перед електронно-мікроскопічними дослідженнями одержану острівцеву плівку золота не запылювали провідним матеріалом для зняття заряду, тому зображення отримували накопиченням при струмах у наноамперній області.

Структуру одержаних плівок Au на поверхні cBN представлено на рисунку. На мікрофотографії видно світлі зерна кубічного нітриду бору розміром ~ 10 мкм, темні включення міжзеренної фази Si₃N₄ і острівці золота, що мають округлу форму і розміри ~ 100 нм. Структура одержаних острівцевих плівок золота на cBN суттєво відрізняється від структури плівок золота на AlN, одержаних за тією ж технологією нанесення й електроформування [3].



Електронно-мікроскопічне зображення острівців золота на поверхні полікристалу cBN: 1–4 – точки елементного аналізу; 5 – область елементного аналізу.

Відомо, що структура металічних острівців при напиленні і електроформуванні змінюється внаслідок механічних напружень поверхні діелектрика [2]. Оскільки модуль пружності cBN значно більший за модуль пружності Si₃N₄, в зоні механічного контакту цих двох фаз при спіканні під дією високих тисків утворюються області напруженого стану [4]. Це пояснюється тим, що при зменшенні зовнішнього тиску після термобаричного спікання виникає пружнодеформований стан біля включень Si₃N₄ внаслідок різниці у модулі пружності між цими компонентами.

Наявністю пружнодеформованого стану поверхні cBN можна пояснити рух острівців золота при електроформуванні в бік границь, сформованих на основі механічних контактів при спіканні фаз cBN і Si₃N₄. У принципі, система cBN з тугоплавкими сполуками варта детальних досліджень для використання при нанесенні острівцевих плівок.

Отже, для острівцевих плівок золота на поверхні cBN характерна топографія і вузький розподіл за розмірами острівців, що обумовлені розподілом залишкових механічних напружень поверхні. Середня кількість острівців золота з середнім розміром 100 нм приблизно складає три на один квадратний мікрометр поверхні полікристалічного cBN.

Сообщается о структуре островковых пленок золота на поверхности кубического нитрида бора. Приведены средний размер островков, характер их распределения на поверхности, среднее количество на единице поверхности.

Ключевые слова: термобарическое спекание, кубический нитрид бора, золото, островковая пленка.

The structure of gold islet films on cubic boron nitride surface is presented, i.e. mean size of islets, its distribution on the surface, average number of islets per square unit.

Keywords: thermobaric sintering, cubic boron nitride, gold, islet films.

1. Calame J.P., Garven M., Lobas D., Mayers R.E., Wood F., Abe D.K. Broadband microwave and W-band characterization of BeO–SiC and AlN-based lossy composites for vacuum electronics. *IEEE Int. Vacuum Electronics Conf. and IEEE Int. Vacuum Electron Sources Conf.* Monterey, California, USA, 25–27 April, 2006. P. 37–38.
2. Fedorovitch R.D., Naumovets A.G., Tomchuk P.M. Electron and light emission from island metal films and generation of hot electrons in nanoparticles. *Phys. Reports.* 2000. Vol. 328. P. 73–179.
3. Fesenko I.P., Viduta L.V., Chasnyk V.I., Nechytailo V.B., Butenko D.V., Tkach V.M., Turkevich V.Z., Marchenko O.A., Zelenska I.I., Kaidash O.M., Serbenyuk T.B., Belyaeva T.M., Kuz'menko E.F., Tomchuk P.M. Structure and current-voltage characteristics of islet gold films on high-heat conducting pressureless sintered AlN ceramics. *J. Superhard Mater.* 2018. Vol. 40, iss. 6. P. 432–434.
4. Petrusha I.A., Osipov O.S., Tkach V.M. High-E/low-E cBN/Si₃N₄ composite for heavy-interrupted cutting. *Proc. Int. Conf. "High Pressure Effects on Materials"*, Kyiv, 28 June–1 July, 2011. Kyiv: V.N. Bakul Institute for Superhard Materials, 2012. P. 277–286.

Надійшов до редакції 24.09.19

Після доопрацювання 01.10.19

Прийнятий до опублікування 01.10.19