

ДЕФЕКТООТВОРЕННЯ НА ПОВЕРХНІ КРЕМНІЄВИХ ПІДКЛАДОК ПРИ ТЕРМІЧНОМУ НАПИЛЕННІ ЗОЛОТА

М. С. Кукурудзяк^{1,2}, А. М. Кукурудзяк²

¹Центральне конструкторське бюро «Ритм»,

²Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Україна, м. Чернівці

mykola.kukurudzyak@gmail.com, makoviychuk.anastasiya@gmail.com

В процесі виготовлення кремнієвих фотоприймачів помічено деградацію параметрів після етапу формування контактних площадок методом термічного напилення золота. Дослідження зразків в селективному травнику виявило комплекси структурних дефектів, які сприяли погіршенню параметрів, зокрема зростанню темнових струмів. Встановлено, що ці дефекти утворюються внаслідок локального плавлення кремнію при потраплянні на нього “крапель” золота, що кипить у випаровувачі, з температурою, більшою за температуру плавлення кремнію. Також встановлено, що використання дроту супроводжується інтенсивнішою появою крапель золота, ніж при використанні корольків. Механізм цього явища потребує додаткових досліджень.

Ключові слова: фотоприймач, кремній, деградація параметрів, структурні дефекти, темновий струм.

Кремнієві фотоприймачі є широкоживими сенсорами оптичного випромінювання. З науково-технічним розвитком різко зростають вимоги до параметрів та надійності цих елементів твердотілої електроніки. Під час виготовлення кремнієвих $p-i-n$ -фотодіодів (ФД) була помічена деяка деградація параметрів виробів після етапу термічного напилення золота з підшаром хрому для формування контактних площадок. Зокрема, спостерігалось зростання темнових струмів фоточутливих елементів, розкид темнових струмів по фоточутливих елементах в багатоелементних ФД, а іноді навіть пробій $p-n$ -переходу [1]. Метою цієї роботи було встановлення причин та методів уникнення вказаного погіршення параметрів.

Дослідження проводились на кремнієвих чотириелементних $p-i-n$ -ФД з охоронним кільцем, призначених для детектування випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 1064$ нм. Виготовлялися ФД за дифузійно-планарною технологією. Вихідним матеріалом слугував монокристалічний бездислокаційний кремній p -типу орієнтації [111]. Нанесення плівок Au з адгезійним підшаром хрому проводилось термічним напиленням у вакуумі при тиску $P = 10^{-5}$ мм рт. ст. та температурі підкладок $T = 200^\circ\text{C}$ з подальшим впалюванням. В процесі досліджень спостерігалось, що кипіння золота у випаровувачі супроводжується “бризканням”. Це, ймовірно, може негативно впливати на кристалічну структуру кремнію, а також сприяти нерівномірності товщини плівки металізації (рис. 1).

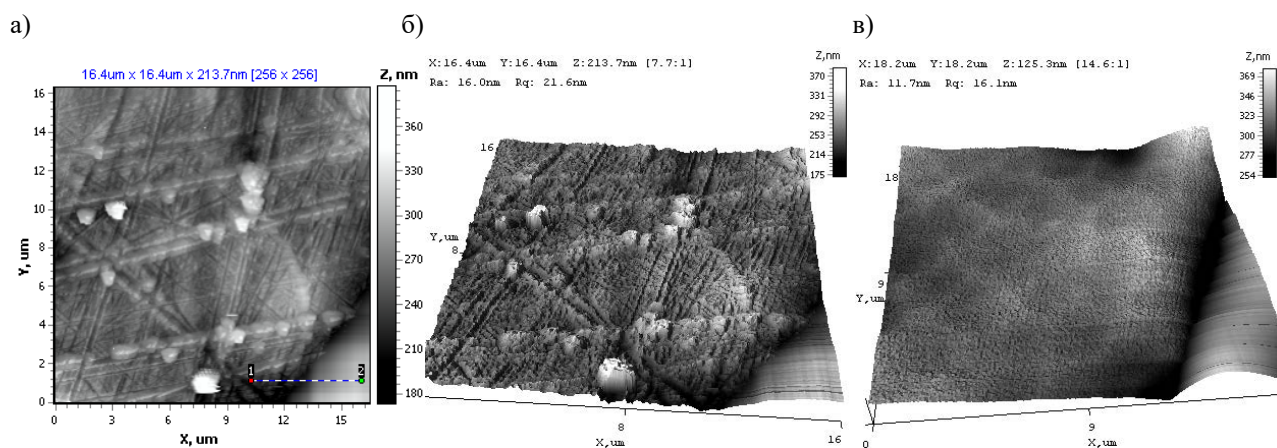


Рис. 1. АСМ-зображення кремнієвої підкладки із напиленим шаром Au з дроту (а, б) та з корольків (в)

Для оцінки структурної досконалості поверхні підкладок проводилося їх дослідження після травлення в селективному травнику Сіртля [2]. На поверхні бракованих кристалів були виявлені комплекси структурних дефектів у формі кратерів, що є скупченнями хаотично розміщених дислокацій та точкових дефектів (рис. 2). Такі дефекти утворюються внаслідок локального плавлення кремнію при потраплянні на нього “крапель” золота, що кипить у випаровувачі, з температурою T , більшою за температуру плавлення кремнію $T_{пл, Si}$. В місцях їх локалізації спостерігається потовщений, іноді гостроконечний шар золота, який потребує тривалішого травлення під час фотолітографії, що призводить до розтравлення і, як наслідок, до зміни заданої форми та розміру контактних площадок. Крім цього, такі дефекти можуть пошкоджувати фотошаблони, утворюючи подряпини.

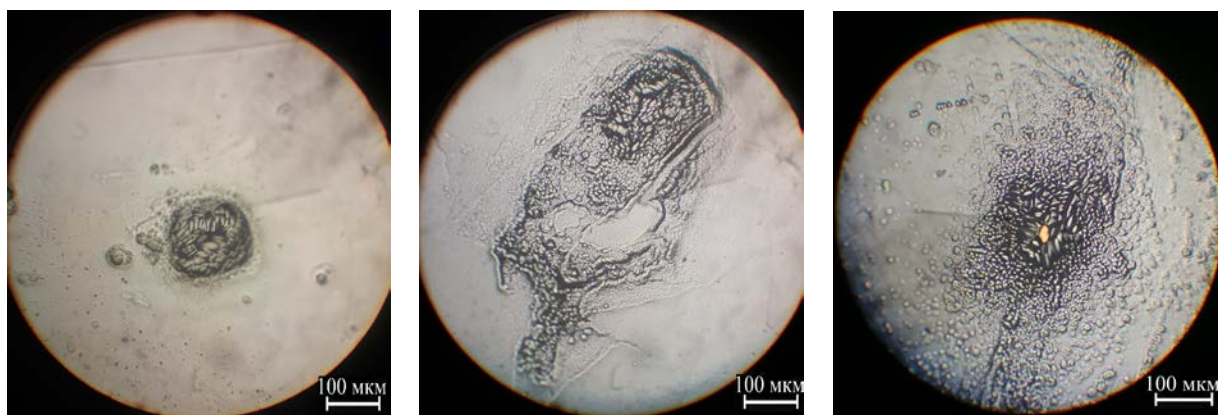


Рис. 2. Зображення комплексів дефектів на поверхні підкладок

В результаті досліджень було встановлено, що напilenня з дроту супроводжується інтенсивнішим “засміченням” підкладок краплями золота, ніж при використанні корольків (рельєф поверхні на рис. 1, в спричинений хімікодинамічним поліруванням підкладок кремнію). Механізм цього явища потребує додаткових досліджень.

Знизити імовірність появи описаних дефектів можна, проводячи напilenня із закритих випаровувачів або збільшуючи час напilenня на заслінку при плавленні золота. Однак слід мати на увазі, що ці методи збільшують розхід дорогоцінного металу.

Напilenня з дроту варто використовувати для зворотної сторони підкладок, де утворення дефектів є менш критичним, а напilenня з корольків — для лицевої сторони, оскільки нерівномірність плівки золота може сприяти появі проблем під час фотолітографії. Слід зазначити, що можна використовувати інші види напilenня, які забезпечують належну якість та адгезію отриманих плівок, зокрема іонно-плазмове чи катодне напilenня.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Кукурудзяк М. С. Технологічні причини пробою р-n-переходу кремнієвих р-i-n фотодіодів, *Мікросист., Електрон. та Акуст.*, 2022, т. 27, вип. 3, с. 268299–1. <https://doi.org/10.20535/2523-4455.me.268299>
2. Sirtl E. Adler. A. Flubsaure als sperifishes system zur atzgrubenentwiclank auf silizium. *Z. Metallk.*, 1961, vol. 119, № 6, p. 529–531.

М. Kukurudziak, А. Kukurudziak

Defect formation on the surface of silicon substrates during thermal gold deposition

During the manufacture of silicon photodiodes, a degradation of parameters was observed after the stage of contact pads formation using thermal deposition of gold. Examining the samples in a selective etchant allowed finding complexes of structural defects, which contributed to the deterioration of the parameters, in particular, the growth of dark currents. When investigating the causes of the appearance of these defects, it was established that they are formed as a result of local melting of silicon when gold "droplets" hit it with a temperature higher than the melting temperature of silicon due to boiling in the evaporator. It was established that the use of wire is accompanied by a more intensive appearance of gold droplets than the use of beads. The mechanism of this phenomenon requires additional research.

Key words: silicon, dislocation, breakdown, photodiode, dark current.