

НАНОСТРУКТУРУВАННЯ ПОВЕРХНІ КРЕМНІЮ ПРИ ДІЇ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Іван Могиляк, Олександр Бончик

Інститут прикладних проблем механіки і математики
ім. Я. С. Підстригача НАН України, mohylyak@gmail.com

Технологія формування структур на поверхні матеріалів із використанням високоінтенсивних лазерних імпульсів має важливе значення для широкого спектра застосувань у науці, техніці та медицині. Упродовж останніх років дослідження нелінійної взаємодії потужного лазерного випромінювання з напівпровідниками відкрили значний потенціал у сфері лазерного мікро- та наноструктурування [1].

Експериментально вивчено можливості мікро- і наноструктурування монокристалічного кремнію із застосуванням двох типів лазерів – імпульсного рубінового лазера типу ГОР-300 ($\lambda = 0,69$ мкм, $\tau_i = 5$ мс), імпульсного YAG:Nd³⁺ лазера типу ЛТИ-205-1 ($\lambda = 1,06$ мкм), який працював у режимі модульованої добротності ($\tau_i = 15$ нс, $E = 0,1 - 0,4$ Дж/см²) або вільної генерації ($\tau_i = 1$ мс, $E_{\max} = 30$ Дж/см²). Встановлено, що при порогових значеннях енергії лазерного випромінювання плавлення кремнію має локальний характер, а форма кристалізованих розплавів залежить від кристаліграфічної орієнтації зразків.

Наведено результати мікроскопічних досліджень за допомогою електронного мікроскопа періодичних структур, сформованих на поверхнях кремнію з кристаліграфічною орієнтацією (100), (111). Отримано різні типи періодичних структур (ЛППС), зокрема мікропіраміди з квадратною та трикутною основами. Їх розміри варіюються від 10 мкм до 100 нм. Попередні дослідження інтерпретували формування ЛППС як результат інтерференції між падаючою лазерною електромагнітною хвилею та флуктуаційними поверхневими електромагнітними хвилями, що утворюються внаслідок динамічної неоднорідності поверхні. Таким чином, структурною формою ЛППС можна легко маніпулювати, змінюючи оптичні параметри, такі як поляризація, кут падіння та довжина хвилі лазерного променя [2, 3, 4].

Отримано періодичні поверхневі структури нанометрового масштабу, які можуть бути використані для створення високоефективних фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії. Представлені результати поглиблюють розуміння нерівноважних процесів плавлення та кристалізації в

Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2026», 27–29 травня 2026 р., Львів

напівпровідниках і можуть слугувати основою для оптимізації режимів імпульсного лазерного впливу з метою контрольованого наноструктурування поверхонь для застосувань у мікро- та нанoeлектроніці.

1. Венгер С. Ф., Семчук О. Ю., Гаврилюк О. О. Лазер-індуковані наноструктури в твердих тілах. – Київ: Академперіодика, 2016. – 236 с.
2. Bonchuk O.Yu., Kiyak S.G., Mohylyak I.A., Popovych D.I. Peculiarities of morphology formation of silicon surface under the action of laser pulses // Physics and chemistry of solid state. – 2017. – V.18, No 3. – P. 309 – 312.
3. Mohylyak I.A., Bonchuk O.Yu., Korniy S.A., Kiyak S.G., Popovych D.I. Laser formation of periodic micro- and nanostructures on the surface of monocrystalline silicon // Physics and chemistry of solid state. – 2020. – V.21, No 2. – P. 215 – 218.
4. Datsko B., Meleshko V., Świątek Z., Mohylyak I., Lityńska-Dobrzyńska L., Zięba P. Interface dynamics of melt instabilities on semiconductor surface // Solid State Phenomena. – 2007. – V.129, No 137. – P. 137 – 143.

NANOSTRUCTURING OF THE SI SURFACE UNDER LASER IRRADIATION

The peculiarities of Si surface in the zone of millisecond and nanosecond laser pulses effect have been investigated experimentally. The results of microscopic investigations by optical and electron microscopes of periodic structures formed on surfaces with crystallographic orientation (100), (111) are presented. The findings provide a basis for optimizing pulsed laser irradiation parameters to enable controlled nanostructuring of semiconductor surfaces for applications in micro- and nanoelectronics.