

УДК 539.23:537.533.35:535.345.1

Одержання та оптичні властивості масивів наночастинок золота на скляних підкладках

Ільчук Г. А., д.ф.-м.н., проф. каф. ЗФ

Кусьнеж В. В., к.ф.-м.н., н.с. каф. ЗФ

Петрусь Р. Ю., к.ф.-м.н., н.с. каф. ЗФ

Національний університет «Львівська політехніка»
(вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна)

Недавні експериментальні дослідження органічних [1] та неорганічних [2] сонячних елементів показали, що продуктивність тонкоплівкових елементів може бути значно покращена за допомогою металевих наночастинок (НЧ), нанесених на верхню частину фотоактивного шару. Підвищення ефективності роботи таких елементів пов'язане зі збільшенням оптичного поглинання тонкоплівковим шаром [3]. Це більш ефективне оптичне поглинання зумовлене розсіюванням на металевих НЧ [4], та його підсиленням в умовах збудження у активному шарі поверхневих плазмон-поляритонів [5]. Таким чином, загальна поглинута потужність фотоактивним шаром у сонячному елементі (СЕ) CdS/CdTe, що містить металеві НЧ може бути значно підвищена.

Для синтезу НЧ проведено апробацію методів термічного та магнетронного напилення плівок золота. Отримано тонкі напівпрозорі суцільні плівки з характерним темно-зеленим кольором за допомогою термічного (зразок №Au1) та магнетронного напилення (зразок №Au4_1) товщиною ~160 та ~26 нм, відповідно. У результаті проведеного термічного відпалу у вакуумі ($P \sim 1,3$ Па, зразок №Au1 – 60 хв., зразок №Au4_1 – 120 хв.) колір плівок змінився на світло-зелений. Досліджено морфологію поверхні зразків за допомогою растрового електронного мікроскопа JCM-5000, рис. 1.

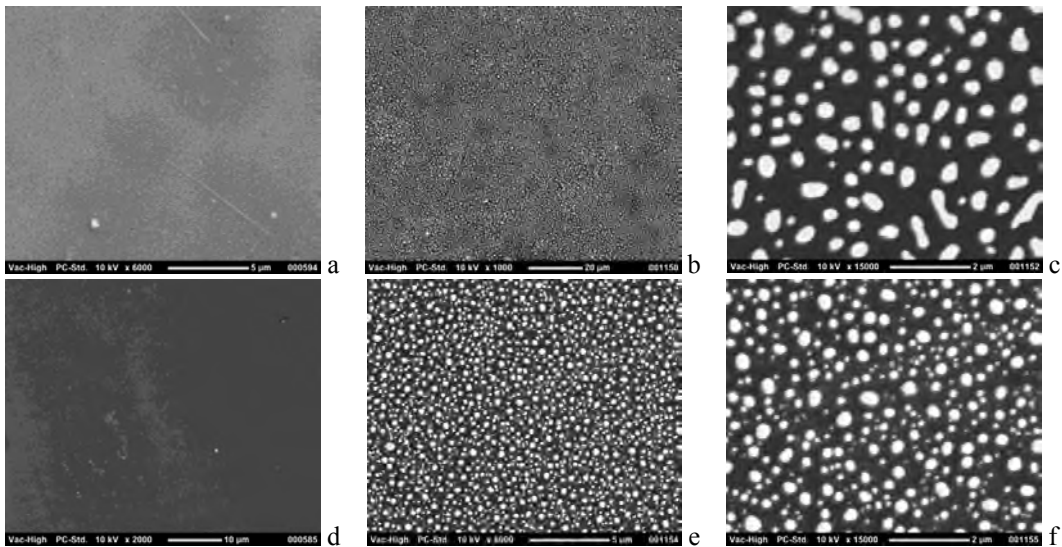


Рис. 1 Морфологія поверхні плівок золота на скляних підкладках до (а – зразок № Au1; d – зразок № Au4_1) та після термічного відпалу (b,c – зразок № Au1; e,f – №Au4_1). JCM-5000, $\times 1000$ (b), $\times 2000$ (d), $\times 6000$ (a, e), $\times 15000$ (c, f)

Встановлено, що у результаті відпалу нижче температури плавлення тонкі суцільні плівки золота перетворюються на острівкові плівки, що складаються із масивів НЧ. Механізмом утворення наночастинок може бути коагуляція, на рис. 1 с. серед поодиноких НЧ діаметром 300–500 нм спостерігаються і «злипнуті» НЧ. Серед НЧ, що утворилися після двічі тривалішого відпалу (рис. 1 f.) злипнуті частинки відсутні, а масив складається з двох груп частинок діаметрами 90–130 нм та 200–300 нм.

Досліджено у видимій області спектру пропускання напилених напівпрозорих суцільних металічних плівок та отриманих після відпалів масивів НЧ золота, рис. 2. Виявлено значне ($\geq 25\%$) зростання коефіцієнта пропускання плівок після відпалу, що зумовлене утворенням НЧ і узгоджується з результатами спостережень на електронному мікроскопі. Також відбувається зсув піку коефіцієнта пропускання у короткохвильову область на 19 (зразок №Au1) та 31 нм (зразок №Au4_1) після відпалу і супроводжується зміною кольору зразків.

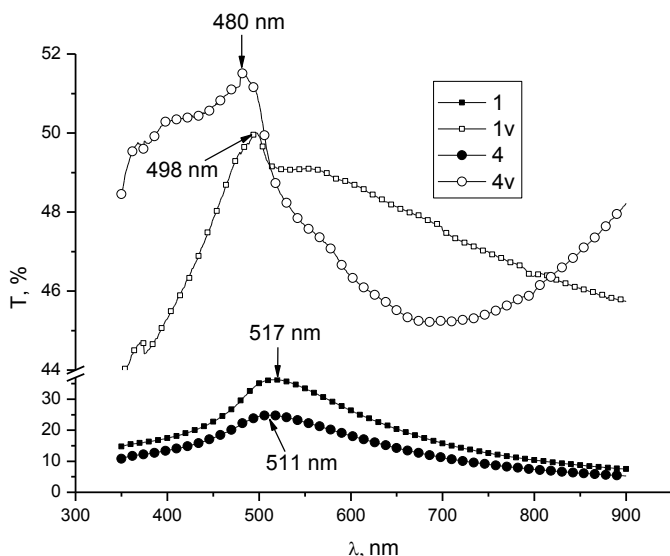


Рис. 2 Спектри пропускання плівок золота до (1, 4) та після термічног відпалу (1v, 4v), зразки №Au1 та №Au4_1 відповідно

Автори висловлюють подяку Київському представництву компанії «Токіо Боекі СіАуЕс. Лтд.» за надану можливість досліджень на растровому мікроскопі JCM-5000.

1. Improvement in the hole collection of polymer solar cells by utilizing gold nanoparticle buffer layer / S.W.Tong, C.F.Zhang, C.Y.Jiang [et all] // Chem.Phys.Lett. – 2008. – Vol. 453. – P. 73–76.
2. Surface plasmon enhanced silicon solar cells / S.Pillai, K.R.Catchpole, T.Trupke, and M.A.Green. // J.Appl.Phys. – 2007. – Vol. 101. – P. 093105 (1–8).
3. Improvement of conversion efficiency for multi-junction solar cells by incorporation of Au nanoclusters / M.D.Yang, Y.K.Liu, J.L.Shen [et all] // Opt.Express. – 2008. – Vol. 16. – P. 15754–15758.
4. Soller B.J. Scattering enhancement from an array of interacting dipoles near a planar wave guide / B.J.Soller and D.G.Hall // J.Opt.Soc.Am. – 2002. – Vol. 19. – P.2437–2448.
5. Catchpole K.R. Absorption enhancement due to scattering by dipoles into silicon wave guides / K.R.Catchpole and S.Pillai // J.Appl.Phys. – 2006. – Vol. 100. – P. 044504 (1–8).