

Плівки напівпровідників та металів, одержані методом тривимірного друку, для пристроїв електроніки

Знаменщиков Я.В., Шкиря Ю.І., Колесник М.М., Пшеничний Р.М.,
Опанасюк А.С.

*Сумський державний університет, вул. Римського–Корсакова 2, м. Суми, 40007, Україна
E-mail: yaroslav.znamenshchikov@gmail.com*

Використання 3D-принтерів у різних сферах науки та техніки останніми роками набуває великої популярності. У зв'язку з цим спостерігається перехід від традиційних способів створення різноманітного обладнання, отриманих різанням, литтям або іншим способом, до адитивного виробництва, в якому об'єкт формується в одному робочому циклі за рахунок пошарового нанесення різноманітних матеріалів (металів, пластмас, скла, тощо). 3D технології друку в наш час активно використовують при створенні різних приладів, біо-об'єктів, а останнім часом і елементів електроніки [1, 2]. Слід зазначити, що технологія 3D-друку дозволяє створювати, як електричну розводку схем, так і самі чутливі елементи (тонкоплівкові сонячні елементи, газові сенсори, тощо). В результаті цей метод може стати альтернативою вакуумним методам одержання металічних та напівпровідникових плівок, які у наш час є найбільш розповсюдженими.

В роботі досліджені властивості плівок, нанесених 3D друком чорнилами на основі наночастинок металевих (Ag) та напівпровідникових (ZnO , Cu_2ZnSnS_4) сполук. Такі напівпровідникові плівки можуть бути використані у якості чутливих шарів приладів сенсорики, оптоелектроніки, геліоенергетики, а металічні шари, як струмопровідні доріжки. [3, 4]

З метою формування таких елементів нами був використаний 3D принтер, що дозволяє наносити напівпровідникові плівки та провідні доріжки безпосередньо в атмосфері на підкладках різних типів, включаючи гнучкі (рис. 1). В порівнянні з традиційними способами отримання електричної розводки та чутливих елементів приладів електроніки, технологія 3D друку спеціальними чорнилами є дешевою і енергоощадною, дозволяє за короткий час створити елементи з необхідною формою і розмірами без використання екологічно небезпечних процесів.

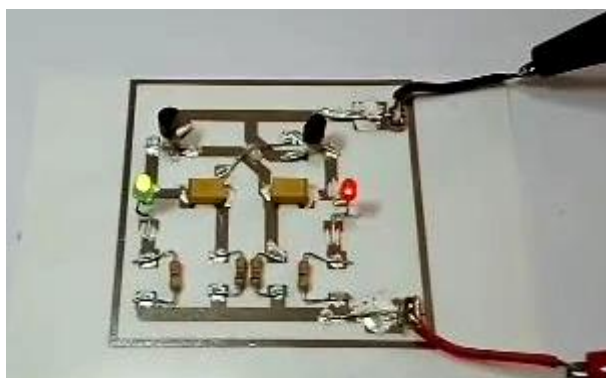


Рис. 1 Електрична схема, надрукована на 3D принтері чорнилами на основі наночастинок срібла (Ag) на гнучкій підкладці

Технічно, друк з використанням чорнил на основі наночастинок стає можливим шляхом заміни стандартної друкуючої голівки 3D принтера, що використовує для друку полімерні матеріали та базується на FDM технології, на голівку-шприц, яка використовує більш дешеву технологію LDM та дозволяє наносити різні матеріалами у в'язкому стані (у вигляді суспензій).

Для створення чорнил на основі наночастинок вищезазначених сполук був використаний колоїдальний метод, який дає можливість синтезувати наноматеріали із заданими структурними, оптичними та функціональними властивостями. Для формування чорнил на основі колоїдальних наночастинок використовувались малотоксичні розчинники з низькими температурами випаровування (звичайно до 150 градусів Цельсія), що дало можливість наносити наноматеріал на різні типи поверхонь.

В результаті проведено вивчення морфології синтезованих наночастинок Ag, ZnO, $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ методом просвічувальної електронної мікроскопії (ПЕМ) та їх фазовий склад.

Встановлено, що в результаті синтезу одержані наночорнила, які містили однофазні, колоїдно стабільні наночастинок Ag, ZnO, $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$. Невеликі розміри частинок ((3-3,5) нм для Ag та (16-18) нм для $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$) (рис.2) дозволяють використовувати ці чорнила для 3D друку металічних та напівпровідникових плівок.

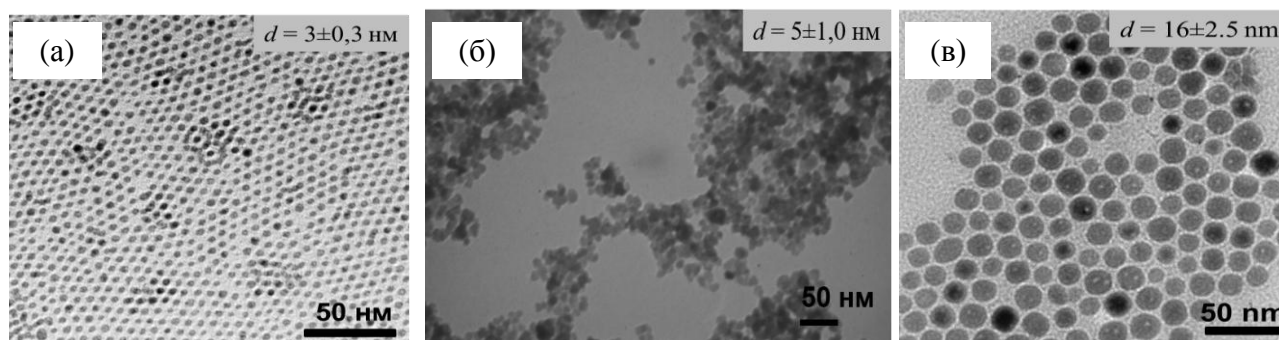


Рис. 2 ПЕМ знімки квазісферичних наночастинок Ag (а), ZnO (б), $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (в)

1. G. Postiglione, G. Natale, G. Griffini, M. Levi, S. Turri Conductive 3D microstructures by direct 3D printing of polymer/carbon nanotube nanocomposites via liquid deposition modeling // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2015. – V. 76. – P. 110-114.
2. V.A. Akhavan, B.W. Goodfellow, M.G. Panthani, C. Steinhagen, T.B. Harvey, C. J. Stolle, B.A. Korgel. Colloidal CIGS and CZTS nanocrystals: A precursor route to printed photovoltaics // Journal of Solid State Chemistry. – 2012. – 189. – P. 2–12
3. E. Fantino, A. Chiappone, F. Calignano, M. Fontana, F. Pirri, I. Roppolo In situ thermal generation of silver nanoparticles in 3D printed polymeric structures // Materials. – 2016. – V. 9 (7). – Article number 589.
4. Qiwei Tian, Xiaofeng Xu, Linbo Han, Minghua Tang, Rujia Zou, Zhigang Chen, Muhuo Yu, Jianmao Yang and Junqing Hu. Hydrophilic $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ nanocrystals for printing flexible, low-cost and environmentally friendly solar cells // Cryst Eng Comm. - 2012. -V. 14. - P. 3847–3850.