**Звіт про науково-дослідну роботу: „ ТОНКОПЛІВКОВІ ОКСИДНІ МАТЕРІАЛИ N- І P-ТИПУ ПРОВІДНОСТІ ДЛЯ ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ”**

**Мета роботи** - розробка технології осадження оксидних матеріалів n- та p-типу провідності для використання у фотоелектронних пристроях в якості пасивного прозорого електропровідного матеріалу, а також в якості активного матеріалу в складі різних гетероструктур.

Терміни виконання наукової роботи: початок І кв. 2016 р.

закінчення IV кв. 2018 р.

**Керівник роботи**: Лашкарьов Георгій Вадимович., д.ф.-м.н., ( Email:gvl@ipms.kiev.ua)

**Скорочений зміст висновків рецензентів.**

Тема виконана в повному обсязі на високому науково-технічному рівні. Одержано значний обсяг наукових експериментально-технологічних і теоретичних результатів, що становить базу для подальшого застосування розроблених матеріалів в фотовольтаїці .

**Пропозиції про подальше використання результатів роботи.**

Одержані результати\_науково-дослідної роботи можуть бути використані при розробці ефективних тонкоплівкових фотоелементів та інших пристроїв сучасної оптоелектроніки та фотовольтаїки.

Дані про реєстрацію роботи: № 0116U003504

**РЕФЕРАТ**

**Об’єкт дослідження** – тонкоплівкові оксидні матеріали ZnO, NiO та CuAlO2 осаджені методами магнетронного та іонно-променевого розпилення.

**Мета роботи** – розробка технології осадження оксидних матеріалів n- та p-типу провідності для використання у фотоелектронних пристроях в якості пасивного прозорого електропровідного матеріалу, а також в якості активного матеріалу в складі різних гетероструктур.

**Методи дослідження**: осадження тонких плівок методом високочастотного розпилення сплавних металевих мішеней, рентгенівська дифрактометрія, атомно-силова мікроскопія, енерго-дисперсійний рентгенівський аналіз, електронна скануюча мікроскопія, раманівське комбінаційне розсіювання; вимірювання електричних, фотоелектричних, оптичних і люмінесцентних характеристик.

Представлено результати досліджень фізичних процесів росту плівок оксиду цинку, легованих алюмінієм, азотом та сріблом, а також плівок NiO та CuAlO2 p-типу провідності, які розкривають взаємозв’язок між технологічними параметрами з одного боку та електричними, фотоелектричними і оптичними характеристиками з іншого. Проведено комп’ютерне моделювання поведінки донорної домішки Al в ZnO.

Вперше встановлено, що електричні властивості плівок ZnO:Al можуть бути покращені при опроміненні електронами з енергіями 10 МеВ при густині потоку не вищих за 2·1016 ел/см2 в результаті зменшення потенційних бар’єрів на границях зерен та збільшення електроактивності донорної домішки алюмінію.

Визначено умови росту плівок p-типу провідності NiO та CuAlO2.

Вивчено та обговорено температурні залежності спектрів фотолюмінесценції плівок ZnO на таких підкладках як графен та SiC.

Шляхом комп’ютерного моделювання показано, що наявність Al призводить до зменшення енергії утворення акцепторного дефекту Oi, що в свою чергу збільшує компенсацію донорної домішки алюмінію і зменшує її електроактивність.

**Ключові слова**: ОКСИД ЦИНКУ, ОКСИД HІКЕЛЯ, АКЦЕПТОРНІ ДОМІШКИ, ЛЕГУВАННЯ АЛЮМІНІЄМ, МАГНЕТРОННЕ ОСАДЖЕННЯ, ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ, ОПТИЧНЕ ПОГЛИНАННЯ.

**Публікації**

1. V.I. Popovych, A.I. Ievtushenko, O.S. Lytvyn, V.R. Romanjuk, V.M. Tkach, V.A. Baturyn, O.Y. Karpenko, M.V. Dranchuk, L.O. Klochkov, M.G. Dushejko, V.A. Karpyna, G.V. Lashkarov Effect of argon deposition pressure on the properties of aluminum-doped ZnO films deposited layer-by-layer using magnetron sputtering // Ukr. J. Phys. - 2016. .-Vol. 61, No. 4. -P. 334-339.
2. V. Romanyuk, N. Dmitruk, V. Karpyna, G. Lashkarev, V. Popovych, M. Dranchuk, R. Pietruszka, M. Godlewski, G. Dovbeshko, I. Timofeeva, O. Kondratenko, M. Taborska, A. Ievtushenko, Optical and Electrical Properties of Highly Doped ZnO:Al Films Deposited by Atomic Layer Deposition on Si Substrates in Visible and Near Infrared Region // Acta Phisica Polonica(a) . - 2016. -V.129. 1. – P.36-40.
3. I. Shtepliuk, V.Khranovskyy, R.Yakimova Combining graphene with silicon carbide: Synthesis and properties - A review (2016) Semiconductor Science and Technology, 31 (11), art. no. 113004.
4. V. Khranovskyy, I.Shtepliuk, I. Ivanov, G., Tsiaoussis, R.Yakimova, Light emission enhancement from ZnO nanostructured films grown on Gr/SiC substrates // (2016) Carbon, 99, pp. 295-301.
5. I. Shtepliuk, V.Khranovskyy, R.Yakimova Effect of c-axis inclination angle on the properties of ZnO/ZnCdO/ZnO quantum wells (2016) Thin Solid Films, 603, pp. 139-148.
6. K.Shavanova, Y.Bakakina, I.Burkova, I.Shtepliuk, R.Viter, A.Ubelis, V.Beni, N. Starodub, R. Yakimova, V. Khranovskyy Application of 2D non-graphene materials and 2D oxide nanostructures for biosensing technology //(2016) Sensors (Switzerland), 16 (2), 23 p.
7. L. Ovsiannikova, V. Kartuzov, I. Shtepliuk, G. Lashkarev, Study of the clusterization of CdO phase in ZnCdO alloys by modeling fullerene-like Zn44Cd4O48 cluster //Acta Physica Polonica A, 129 (1), (2016) pp. A41-A43.
8. A. I. Ievtushenko, M. G. Dusheyko, V. A. Karpyna, O. I. Bykov, P. M. Lytvyn, O. I. Olifan, V. A. Levchenko, A. A. Korchovyi, S. P. Starik, S. V. Tkach, E. F. Kuzmenko, G. V. Lashkarev The influence of substrate temperature on the properties of Cu-Al-O films deposited by reactive ion beam sputtering method // Semiconductor physics, quantum electronics and optoelectronics. - 2017. - V. 20, N. 3. - P. 314-318.
9. A. Ievtushenko, V. Tkach, V. Strelchuk, L. Petrosian, O. Kolomys, O. Kutsay, V. Garashchenko, O. Olifan, S. Korichev, G. Lashkarev, V. Khranovskyy, Solar Explosive Evaporation Growth of ZnO Nanostructures // Applied Science. - 2017. – V. 7(4). – P. 383 (9pp.).
10. A. Ievtushenko, O. Khyzhun, I. Shtepliuk, O. Bykov, R. Jakieła, S. Tkach, E. Kuzmenko, V. Baturin, О. Karpenko, O. Olifan, G. Lashkarev X-Ray photoelectron spectroscopy study of highly-doped ZnO:Al,N films grown at O-rich conditions // Journal of Alloys and Compounds. ‑ 2017. – V. 722. – P. 683-689.
11. V. S. Khomchenko, O. S. Lytvyn, M. A. Mazin, V. E. Rodionov, S. I. Vlaskina, P. V. Demydiuk, S. U. Yuldashev White Light Emission of ZnO-Cu Nano-Films // Nanoscience and Nanoengineering 4(2): 46-51, 2016.
12. V. Khranovskyy, M. Sendova, B. Hosterman, N. McGinnis, I. Shtepliuk, R. Yakimova Temperature dependent study of basal plane stacking faults in Ag:ZnO nanorods by Raman and photoluminescence spectroscopy // Materials Science in Semiconductor Processing – 2017. – V.69. ‑ P. 62-67.
13. I. Shtepliuk, T. Iakimov, V. Khranovskyy, J. Eriksson, F. Giannazzo, R. Yakimova Role of the potential barrier in the electrical performance of the graphene/SiC interface // Crystals, ‑ 2017. – V. 7(6), P. 162.
14. V. Khranovskyy, I. Shtepliuk, L. Vines, R. Yakimova Complementary study of the photoluminescence and electrical properties of ZnO films grown on 4H-SiC substrates // Journal of Luminescence – 2017. ‑ V. 181, ‑ P. 374-381.
15. G. V. Lashkarev, V. A. Karpyna, L. I. Ovsiannikova, V. V. Kartuzov, M. V. Dranchuk, M. Godlewski, R. Pietruszka, V. V. Khomyak, L. I. Petrosyan The physics of high-conductivity transparent materials based on wide-band zinc oxide // Low Temperature Physics ‑ 2017. ‑ V.43. ‑ P. 515.
16. L. Ovsiannikova, M. Dranchuk, G. Lashkarev, V. Kartuzov, M. Godlewski Study of donor Al impurity state in ZnO by fullerene like model // Superlattices and Microstructures ‑ 2017. ‑ V. 107. ‑ P.1-4.
17. A. Ievtushenko, V. Karpyna, J. Eriksson, I. Tsiaoussis, I. Shtepliuk, G. Lashkarev, R. Yakimova and V. Khranovskyy, Effect of Ag doping on the structural, electrical and optical properties of ZnO grown by MOCVD at different substrate temperatures // Superlattices and Microstructures, 117 (2018) 121-131.
18. S.Golovynskyi, A.Ievtushenko, S. Mamykin, M. Dusheiko, I.Golovynska, O. Bykov, O. Olifan, D. Myroniuk, S.Tkach, J. Qu, High transparent and conductive undoped ZnO thin films deposited by reactive ion-beam sputtering, Vacuum, 153 (2018) 204-210.