

## Реферат

**Структура і обсяг роботи:** 51 сторінка, 19 ілюстрацій, 6 таблиць, 25 джерел за переліком посилань.

**Мета роботи:** визначення електричних та електромеханічних властивостей наноструктурованого ZnO, сформованого комбінованими методами, у складі структури FBAR-резонатора.

**Рекомендації щодо використання результатів даних досліджень:** впровадження застосування наноматеріалів в інтегральній технології є на сьогодні актуальним, як ніколи. Наноструктури характеризуються найвищим ступенем інтеграції та унікальними властивостями. У даній роботі характеризується резонаторна структура на основі наноструктурованого шару оксиду цинку. Використання МЕМС-приладів у пристроях аналогової електроніки є дуже перспективним та практикується повсюдно. Маючи безліч можливих застосувань, наприклад, у якості смугового фільтра, у складі генератора, різноманітних пристроїв збору та перетворення енергії, розробка подібних резонаторів є необхідною. У даній роботі розроблена та проаналізована модель резонатора із наноструктурованим активним шаром, розрахована його еквівалентна модель, показані можливості її покращення та модифікації під конкретні потреби.

**Ключові слова:** MEMS, ZnO, FBAR, резонатор, BAW, нанострижень, MBVD-модель, ЕКЕМС.

## Abstract

**Structure and scope of work:** 51 pages, 19 illustrations, 6 tables, 25 sources under the list of references.

**Purpose:** the determination of electrical and electromechanical properties of nanostructured ZnO, formed by combined methods, in the structure of the FBAR resonator.

**Recommendations on the use of the results of research data:** the introduction of the use of nanomaterials in the integral technology is today more relevant than ever. Nanostructures are characterized by the highest degree of integration and unique properties. In this paper, a resonator structure based on a nanostructured layer of zinc oxide is characterized. The use of MEMS devices in analogue electronics devices is very promising and practiced everywhere. With many possible applications, for example, as a bandwidth filter, as part of the generator, a variety of energy collection and conversion devices, the development of such resonators is necessary. In this paper a model of a resonator with a nanostructured attack layer is developed and analyzed, its equivalent model is calculated, the possibilities of its improvement and modification for the specific needs are shown.

**Keywords:** ZnO, MEMS, FBAR, BAW, MBVD, resonance.

### Список використаної літератури

1. Zinc Oxide-Bulk, Thin Films and Nanostructures, V. A. Coleman and C. Jagadish
2. J. H. Visser, M. J. Vellekoop, A. Venema, E. van der Drift, P. J. M. Rek, A. J. Nederlof, M. S. Nieuwenhuizen, and M. J. Vellekoop, Proc. 1989 IEEE Ultrasonics Symp., pp. 195, 1989.
3. Y. Kim, W. D. Hunt, F. S. Hickernell, R. J. Higgins, and C.-K. Jen, IEEE Trans. On Ultrason., Ferroelect. and Freq. Contr., vol. 42, no. 3, pp. 351, May 1995.
4. S. J. Chang, Y. K. Su, and Y. P. Shei, J. Vac. Sci. Technol. A, vol. 13, no. 2, pp. 385, 1995.
5. H. Nakahata, A. Hachigo, S. Shikata, and N. Fujimori, Proc. 1992 IEEE Ultrasonics Symp., pp. 377, 1992
6. N. W. Emanetoglu, C. Gorla, S. Liang, and Y. Lu, Proc. 1998 IEEE Int. Freq. Contr. Symp., pp. 790, 1998.
7. M. Kadota, Proc. 1997 IEEE Ultrasonics Symp., vol. 1, pp. 261, 1997.
8. M. Kadota and M. Minakata, IEEE Trans. on Ultrason., Ferroelect. and Freq. Contr., vol. 42, Issue 3, pp. 345, 1995.
9. Arya S.K., Saha S., Ramirez-Vick J.E., Gupta V., Bhansali S., Singh S.P. Recent advances in ZnO nanostructures and thin films for biosensor applications: Review // Analytica Chimica Acta. 2012. V. 737. P. 1
10. Spherical Bragg reflector mirror, Michael E. Tobar, Senior Member, IEEE , Jean-Michel Le Floch, Dominique Cros, Jerzy Krupka, Senior Member, IEEE , James D. Anstie, and John G. Hartnett, IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control, vol. 51, no. 9, September 2004.
11. Modeling and Design of BAW Resonators and Filters for Integration in a UMTS Transmitter, Matthieu Chatras , Stйphane Bila, Sylvain Giraud, Lise Catherinot, Ji Fan, Dominique Cros, Michel Aubourg, Axel Flament, Antoine Frappй, Bruno Stefanelli, Andreas Kaiser, Andreia Cathelin, Jean Baptiste David, Alexandre Reinhardt, Laurent Leysenne and Eric Kerherv.

12. Mechanical and piezoelectric properties of zinc oxide nanorods grown on conductive textile fabric as an alternative substrate, Azam Khan, Mushtaque Hussain, Omer Nur and Magnus Willander, *J. Phys. D: Appl. Phys.* 47 (2014) 345102 (9pp)
13. K.M.Lakin, G.R. Kline, K.T. Mccarron, "High Acoustic Resonators and Filters", 1993 IEEE Microwave Symp. Digest, 3, pp 1517-1520
14. K. Y. Hashimoto, "RF Bulk Acoustic Wave Filters for Communications", Artech House, 2009.
15. A. Shirakawa, JM. Pham, P. JarrY, E. Kerherve, "FBAR Filters Synthesis Method and Reconfiguration Trends", Chapter 3 of *Microwave Filters and Amplifiers* book, pp.19- 47, Research Signpost, 2005. Modeling and Design of BAW Resonators and Filters for Integration in a UMTS Transmitter 353
16. Lakin, K. M., Kline, G. R., and Mccarron, K. T., "Development of Miniature Filters for Wireless Application," *IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques*, Vol.43, 2933-2939, 1995
17. K. M. Lakin and K. G. Lakin, « Numerical Analysis of Thin Film BAW Resonators », *Proceedings of Ultrasonics Symposium*, Vol. 1, pp. 74-79, October 2003.
18. R. Thalhammer, R. Aigner, « Energy loss mechanisms in SMR–type BAW devices », *Microwave Symposium Digest*, 2005 IEEE MTT-S International 12-17 June 2005
19. J. F. Rosenbaum "Bulk Acoustic Wave Theory and Devices", Boston: Artech House, 1988
20. L. Catherinot, S. Giraud, M. Chatras, S. Bila, D. Cros, T. Baron, S. Ballandras, P. Monfraix, L. Estagerie "A general procedure for the desing of BAW filters", *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, September 2011, Vol. 21, Issue 5, pp 458-465.
21. Comsol Multifysics Userguide
22. Shr-Nan Bai. Synthesis of ZnO nanowires by the hydrothermal method,using sol-gel prepared ZnO seed films // *J Mater Sci: Mater Electron.* – 22.– 2011. – P. 339–344.

23. Pican S. Preparation and characterization of ZnO thin films deposited by sol-gel spin coating method. // Journal of optoelectronics and advanced materials. – Vol. 10. – 2008. – P. 2578 – 2583.
24. Активный элемент на основе наностержней ZnO для устройств сбора энергии, А. Орлов, В. Ульянова, Д. Зацерин
25. Вплив технологічних параметрів гідротермального методу на формування стрижневих наноструктур ZnO, А.Т. Орлов, В.О. Ульянова, О.В. Богдан