

# МИКРОВОЛНОВЫЕ БЛИЖНЕПОЛЕВЫЕ ДАТЧИКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Гордиенко Ю. Е.<sup>1</sup>, Лепих Я. И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харьковский национальный университет радиозлектроники

г. Харьков, пр. Ленина, 14, 61166, Украина

тел.: (057) 702-13-62, e-mail: [meru@kture.kharkov.ua](mailto:meru@kture.kharkov.ua)

<sup>2</sup>Одесский национальный университет

г. Одесса, ул. Дворянская, 2, 65082, Украина

тел.: (048) 723-34-61, e-mail: [ndl\\_lepikh@onu.edu.ua](mailto:ndl_lepikh@onu.edu.ua)

**Аннотация** — Приводятся результаты исследований и разработок новых принципов функционирования и построения микроволновых датчиков различных физических величин для контроля материалов, сред и объектов. Целью разработок являлось улучшение метрологических характеристик датчиков в направлении повышения их чувствительности, локальности, расширения диапазона контролируемых значений и многопараметровости контроля.

## I. Введение

Развитие радиоволновых, акустоэлектронных, ультразвуковых и радиоакустических методов контроля материалов, сред и объектов определило становление нового направления технической диагностики — микроволновой ближнеполевой сенсорики. Значительное место в нем занимает СВЧ, импедансная и акустоэлектронная сенсорики [1, 2]. При этом существенно расширилась область применения этих методов и средств, что потребовало создания нового поколения датчиков, в том числе, ориентированных на использование в высоко интеллектуальных системах. Соответственно, возникли также микроэлектронные технологии их производства. Потребовалась перестройка принципов функционирования датчиков, ориентированная на возможность микроэлектронных технологий.

В докладе приводятся результаты разработки новых принципов функционирования и проектирования ближнеполевых микроволновых датчиков, технология производства и разновидности измерительных систем на их основе.

## II. Основная часть

В области СВЧ сенсорики особенно актуальным стало создание контрольно-измерительных средств для влагометрии малоразмерных проб, полупроводникового материаловедения и технологии, толщинометрии тонких покрытий и т.п. Особый интерес установился к сканирующей микроволновой микроскопии, как одному из эффективных инструментов физических исследований наноматериалов и нанотехнологий [3].

Существенно возросли также требования к локальности и многопараметровости контроля, расширению диапазона значений контролируемых величин и повышению чувствительности.

В качестве примера достаточно привести безэлектродную диагностику полупроводниковых пластин и эпитаксиальных пленок. На современном этапе требуется контроль толщины и распределения по площади удельного сопротивления, времени жизни и подвижности носителей заряда, скорости их поверхностной рекомбинации и др.

Для реализации таких требований в различных областях применения, как показали исследования и ряд этапов разработок, целесообразно проектировать датчики по универсальному принципу, представление о котором дает функциональная схема рис. 1.

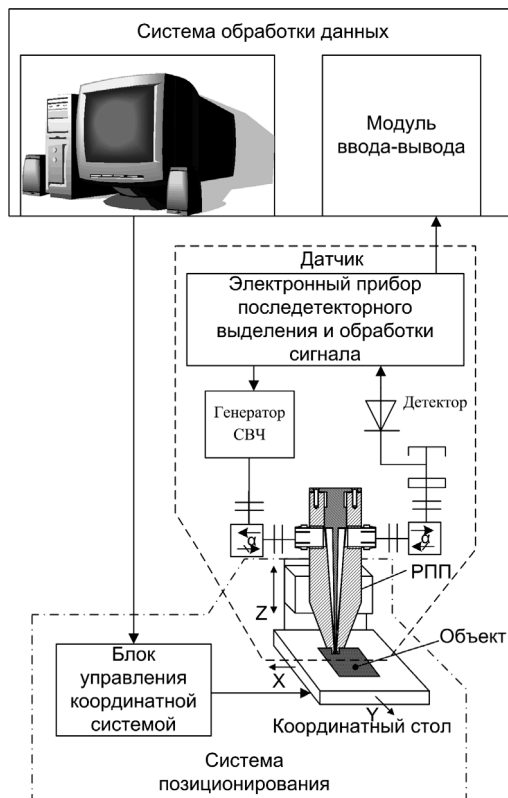


Рис. 1. Функциональная схема сканирующей микроволновой микроскопии.

Fig. 1. The scanning microwave microscopy functional diagram

В основе ее построения лежит использование ближнеполевого резонаторного первичного преобразователя (РПП) с апертурным взаимодействием его СВЧ поля и объекта [4].

Система позиционирования позволяет выбирать область контроля, вплоть до пошагового сканирования и изменять степень включения объекта в поле РПП для регулирования чувствительности. Вместе с непоказанными на схеме устройствами различного воздействия на объект (излучение, электрические и магнитные поля, температура и др.) степень включения в поле также создает предпосылки многопараметровости контроля.

Указанный РПП проектируется тоже по универсальному принципу за счет вариации апертурного узла. В зависимости от требуемой локальности, чувствительности и диапазонности значений контролируемой величины геометрия апертюры может быть различной.

Универсальность функционирования и многопараметровость контроля базируется на различных способах формирования сигналов измерительной информа-

ции из фундаментальных параметров РПП, связанных с его резонансной частотой и добротностью. В свою очередь, эти параметры связаны с фундаментальными свойствами объектов, которые описываются через комплексные значения диэлектрической  $\tilde{\epsilon} = \epsilon'(1 - jtg\delta_\epsilon)$  и магнитной  $\tilde{\mu} = \mu'(1 - jtg\delta_\mu)$  проницаемостей.

Управление чувствительности РПП возможно диапазононо путем выбора технических средств последдетекторной обработки сигналов измерительной информации.

По такому принципу разработаны приборные ряды измерителей содержания воды в различных объектах, толщиномеров, измерителей удельного сопротивления полупроводниковых материалов, времени жизни носителей заряда, их подвижности и скорости поверхностной рекомбинации [5].

В основу функционирования ближнеполевых акустоэлектронных датчиков нового поколения положены современные идеи возбуждения и детектирования ПАВ, позволившие существенно улучшить метрологические показатели датчиков физических величин для технических применений.

Импедансометрические датчики также развиты в направлении повышения локальности и чувствительности за счет использования новых конструкций электродинамических систем и интеллектуализации измерительных процессов.

### III. Заключение

В результате проведенных исследований и разработок научно обосновано и технически реализовано ряд новых принципов построения микроволновых датчиков различных физических величин с метрологическими характеристиками и показателями, улучшенными в направлении повышения локальности и чувствительности, расширение диапазонов контролируемых значений и многопараметровости контроля. Созданные датчики отличаются от предыдущего поколения унификацией генераторов питания чувствительного элемента, его позиционирования и систем последдетекторной обработки измерительных сигналов. Это создает предпосылки массового их производства и широкого внедрения.

### IV. Список литературы

- [1] Nyfors E., Vainikainen P. Industrial Microwave Sensors. – Artech House, Inc., 1989. – 351 p.
- [2] Функціональна мікроелектроніка. Прилади із зарядовими зв'язками, циліндричні магнітні домени, давачі : навч. посібник / Ю. О. Гордієнко, В. А. Антонова, Б. Г. Бондар та інш. ; за ред. Ю. О. Гордієнка. – Київ: ІСДО, 1996. – 216 с.
- [3] Anlage S. M., Talanov V. V., Schwartz A. R. Principles of near-field microwave microscopy // Scanning probe microscopy: electrical and electromechanical phenomena at the nanoscale / edited by S.V.Kalinin, A.Gruverman. – New York: Springer-Verlag, 2007. Vol. 1. p. 215-253.
- [4] Гордієнко Ю. Е., Гуд Ю. И., Ларкин С. Ю., Полетаев Д. А. Электродинамические характеристики усовершенствованного резонаторного микрозонда для микроволновой микроскопии и микродиагностики. // Радиотехника. – 2009. – № 159. – С. 302–308.
- [5] Лепіх Я. І., Гордієнко Ю. Є., Дзядевич С. В. та ін. Створення мікроелектронних датчиків нового покоління для інтелектуальних систем – Одеса: ОНУ, 2010.– 350 с.

## THE NEW GENERATION OF MICROWAVE NEAR-FIELD SENSORS

Gordienko Yu. Ye.<sup>1</sup>, Lepikh Ya. I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kharkov National University of Radioelectronics  
14, Lenin Ave., Kharkov, 61166, Ukraine  
Ph.: (057) 702-13-62, e-mail: mepu@kture.kharkov.ua  
<sup>2</sup>Odessa National University  
2, Dvoryanskaya Str., Odessa, 65082, Ukraine  
Ph.: (048) 723-34-61, e-mail: ndl\_lepikh@onu.edu.ua

**Abstract** — The article represents results of investigations and development of new principles of functioning and construction concerning microwave sensors of various physical parameters of materials and objects which have carried out for improvement its metrological characteristics and increasing the sensitivity and localization precision, for the range expansion of controlling parameters and for increasing a number of controlling parameters.

### I. Introduction

Development of radio-wave, acousto-electronic, ultrasonic and radio-acoustic methods of controlling of materials, environments and objects has determined the formation of a new direction of technical diagnostics - microwave near-field sensor engineering. A microwave, impedance and acousto-electronic sensor means [1, 2] play an important role in it. Thus, the area of application of these methods and means has essentially enlarged, what forced to create a new generation of sensors, including sensors which intended for using in high intellectual systems.

### II. Main Part

In the field of microwave sensor engineering, the creation of control and measuring means for moisture control of low-sized samples, science and technology of semiconductor materials, measuring of thin coverings etc, became especially urgent. Special interest represents a scanning microwave microscopy as one of effective tools for physical investigations of nanomaterials and nanotechnology [3].

Also, the requirements to localization precision and multiparametric control, expansion of a range of meanings of controllable parameters and increasing of sensitivity are essentially increased.

For realization of such requirements in various areas of application, as researches and number of stages of development have shown, it is expedient to project sensors by a universal principle. The conception about it is shown on the function chart, see fig. 1. In a basis of its construction lies the primary near-field resonator converter (RPC) with an aperture mode interaction between microwave field and an object [4].

In a basis of functioning of acousto-electronic sensors of the new generation the modern ideas of excitation and detecting are fixed which allowed improving a metrological index of sensors of physical sizes for technical applications essentially. Impedance sensors are also advanced in a direction of increasing the localization sensitivity at the expense of using new designs of electrodynamic systems and intellectualization of measuring processes.

### III. Conclusion

As a result of performed investigations and developments, it is scientifically proved and technically realized a number of new principles of construction of microwave sensors for various physical parameters with metrological characteristics and parameters which are improved in a part of a localization sensitivity, expansion of ranges of controllable parameters and multiparameter index of a check-up, are technically realized. The created sensors are differed from the previous generation by unification of supplying of a sensitive element, its positioning accuracy and structure of system of measuring signal processing. It creates the preconditions of their mass manufacture and wide introduction.