

ОСНОВЫ ВЫСОКОЛОКАЛЬНОЙ СВЧ СЕНСОРИКИ

¹Гордиенко Ю.Е., ²Лепих Я.И., ¹Проказа А.М.

¹ХНУРЭ, пр. Ленина, 14, г. Харьков, 61166, Украина, meru@kture.kharkov.ua

²ОНУ им.Мечникова, ул. Дворянская, 2, г. Одесса, 65082, Украина,
ndl_lepikh@onu.edu.ua

СВЧ сенсорика исходит из радиоволновых методов контроля диэлектрических материалов и сред [1]. Особое развитие в 1960–1990 годах получили безэлектродные методы и техника контроля параметров полупроводниковых материалов [2, 3]. Однако, на современном этапе возникла необходимость существенного увеличения локальности такого контроля. Исходя из принципа Аббе, сформулированного в физической оптике, классический подход в проектировании СВЧ чувствительных элементов (первичных измерительных преобразователей) исключает субмикронную локальность.

В технике сканирующей микроволновой микроскопии (СММ) преодоление влияния указанного принципа осуществлено путем использования ближнеполевых СВЧ зондов [4]. Электродинамической их основой является апертурный источник СВЧ поля с быстрым его убыванием в направлении взаимодействия с объектом. При этом возможна реализация субмикронной локальности.

В докладе представлено теоретическое и экспериментальное обоснование возможности построения широкого спектра безэлектродных СВЧ сенсоров для контроля физических, химических, биофизических и др. свойств различных объектов с заданной локальностью в диапазоне от нескольких микрон до нескольких миллиметров. Теоретическая аргументация базируется на количественном исследовании взаимосвязи чувствительности и локальности апертурных резонаторных измерительных преобразователей (РИП) ближнеполевого типа [5]. При этом особое внимание уделено исследованию весьма важной проблеме – учета и уменьшения СВЧ потерь на излучение [6].

Отдельно показано, что оптимальное проектирование таких РИП предполагает разделение накопительной и апертурнообразующей областей. На рис. 1 приведены примеры некоторых конструктивов РИП и характер распределения СВЧ поля в возникающей электродинамической системе.

Для СВЧ сенсоров на базе ближнеполевых резонаторных зондов характерно сильное влияние зазора между острием зонда и исследуемом объектом. Приведенные в докладе теоретические и экспериментальные зависимости фундаментальных сигналов измерительной информации показывают, что этим свойством можно воспользоваться для контроля неровности поверхности объекта на микронном и субмикронном уровне и соответственно субмикронной локальностью.

Еще одним важным свойством локальных СВЧ ближнеполевых сенсоров является возможность выбора требуемой глубины зондирования объектов. Наряду с известной их многопараметровостью, это существенно расширяет возможности СВЧ сенсорики.

Особое внимание уделено исследованию применения СВЧ сенсоров на базе таких РИП для диагностики диэлектриков, полупроводников и биосред с заметными СВЧ потерями.

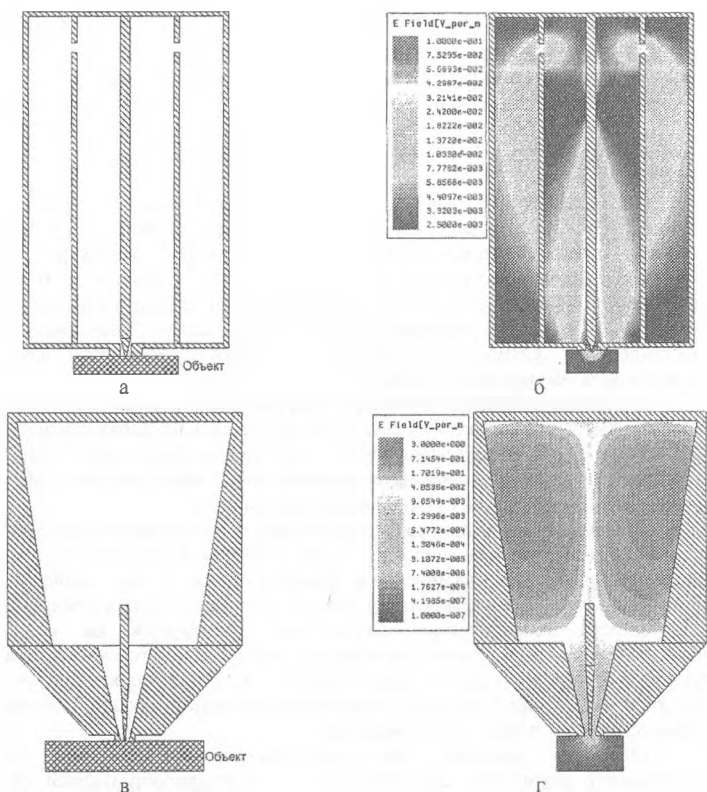


Рисунок 1 – Конструктивы РИП и распределение СВЧ поля в их объеме:
 а), б) $f = 1.2$ ГГц, $Q = 2600$; в), г) $f = 15.8$ ГГц, $Q = 11000$;

[1] Брандт А.А. Исследование диэлектриков на СВЧ / А.А. Брандт. – М.: Физматгиз, 1963. – 403 с.

[2] Детинко М.В. Физические основы неразрушающего СВЧ-резонаторного метода локального контроля электрофизических параметров полупроводников / Детинко М.В., Медведев Ю.В., Петров А.С. – Томск: изд. Томского ун-та, 1988, 29 с.

[3] Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Кн. 1. / Под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение. – 1986. – 488 с.

[4] Anlage S.M., Talanov V.V., Schwartz A.R. Principles of near-field microwave microscopy // Scanning Probe Microscopy: electrical and electromechanical phenomena at nanoscale – New York: Springer-Verlag, 2007. – vol.1. – p. 215–253.

[5] Гордиенко Ю.Е., Ларкин С.Ю., Яцкив А.М. Близнеполевой СВЧ датчик на основе конусного коаксиального резонатора // Вища школа: Радиотехника: Всеукр. между. научн.-техн. сб. – 2009. – №159.С.309-314.

[6] Гордиенко Ю.Е., Ларкин С.Ю. Сорока А.С. Радиационные эффекты в ближнеполевой микроволновой микроскопии полупроводников // Радиотехника. – Харьков, 2011. – Вып. 164. – С. 180-189.