

MICROSTRIP RESONANT SENSORS

Bondarenko I. N., Galich A. V.
Kharkiv National University of Radio Electronics
14, Lenin Ave., Kharkov, 61166, Ukraine
Ph.: (057) 702-13-62, e-mail: mepu@kture.kharkov.ua

Abstract — The researches of properties of resonant transducers based on segments of microstrip lines, topology of which contains the microprobe tip structure are carried out. Numerical model studies of the distribution of the fields and the dependence of amplitude-frequency responses of resonant microstrip structures with probes of various configurations are carried out and value of communication and parameters of samples possible diagnosis are determined.

МИКРОПОЛОСКОВЫЕ РЕЗОНАТОРНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Бондаренко И. Н., Галич А. В.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
г. Харьков, пр. Ленина, 14, 61166, Украина
тел.: (057) 702-13-62, e-mail: mepu@kture.kharkov.ua

Аннотация — Проведены исследования свойств резонаторных преобразователей на основе отрезков микрополосковых линий, топология которых включает микрозондовые структуры. Численные модельные исследования распределения полей и зависимостей амплитудно-частотных характеристик резонаторных микрополосковых структур различной конфигурации с зондами от параметров образцов подтверждают их возможные диагностические способности.

I. Введение

В ближнеполевой сканирующей микроволновой микроскопии (СММ) основным устройством системы измерений, определяющим чувствительность и разрешающую способность, является измерительный преобразователь или микрозонд, непосредственно взаимодействующий с исследуемым объектом, и представляющий собой отрезок линии передачи, заканчивающийся миниатюрным зондом, или резонаторный измерительный преобразователь (РИП), соединенный или совмещенный с микрозондовой структурой [1, 2].

Перспективным представляется создание РИП на основе полосковых и микрополосковых структур, изготовленных с помощью планарных технологий, которые достаточно хорошо отработаны при изготовлении микро и наноразмерных элементов современной микроэлектроники.

При позитивном решении задачи разработки таких РИП открываются возможности создания интегральных устройств формирования информационных сигналов СММ, включающих в себя как первичный преобразователь (сенсор), так и систему формирования и предварительной обработки сигналов, а также создания такого конструктива микрозонда, который можно использовать одновременно и для атомно-силовой и туннельной микроскопии.

Однако для продвижения в решении указанных задач необходимо провести значительный объем предварительных исследований, связанных непосредственно с полосковыми и микрополосковыми резонансными структурами.

Целью данной работы является анализ и учет факторов, определяющих возможности обеспечения резонансных свойств измерительных преобразователей на основе микрополосковых линий.

II. Основная часть

Наиболее простым по конструкции и технологии резонансным элементом на основе микрополосковой линии является полуволновый резонатор.

Расчет, проведенный при $f = 10$ ГГц, $h = 1$ мм, $Z_0 = 50$ Ом, $\epsilon_d \approx 9,6$ (поликор), $\text{tg}\delta \approx 10^{-4}$, $\rho = 0,0172 \cdot 10^{-6}$ Ом-м, показывает, что при $L = 5,84$ мм, $W = 1$ мм, собственная (ненагруженная) добротность микрополоскового полуволнового резонатора $Q_0 \sim 5 \cdot 10^2$.

На практике при конфигурировании полуволнового резонансного отрезка микроволновой линии в виде полуволнового отрезка с зондовой структурой, а также необходимости обеспечения связи такого РИП с внешними цепями измерительной системы, реальное рабочее значение добротности будет в полтора-два раза меньше.

В связи с этим были проведены численные модельные исследования характера распределения полей и зависимости АЧХ микрополосковых резонансных структур с зондами различной конфигурации от схемы включения, величины связи и параметров образцов возможной диагностики [3].

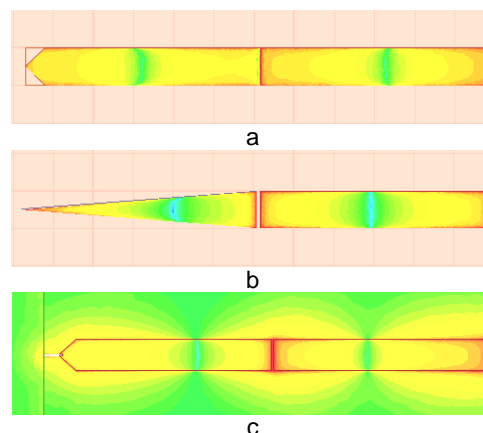


Рис. 1. Топологии и распределение полей в полуволновых резонансных структурах.

Fig. 1. Topology and distribution of the field in the half-wave resonance structures

Топологии и распределение полей исследованных полуволновых резонансных структур с око-

нечным емкостным подключением приведены на рис.1. Анализ проводился для полуволнового отрезка линии с заострением 45° (рис. 1,a), полуволнового отрезка линии в виде треугольной нерегулярной структуры с размерами сторон: $a = b = 5,84$ мм, $c = 0,981$ мм (рис. 1,b) и полуволнового отрезка линии с заострением 45° и наконечником длиной $\sim 0,1$ мм и радиусом 30 мкм (рис. 1,c).

Во всех случаях на открытом конце резонансного отрезка обеспечивается повышенное значение напряженности электрической составляющей поля, а степень его локализации определяется геометрией заостренного конца.

Результаты численных оценок влияния изменения диэлектрической проницаемости материала, расположенного вблизи заостренной зондовой части микрополосковой резонансной структуры, на изменения АЧХ приведены на рис. 2.

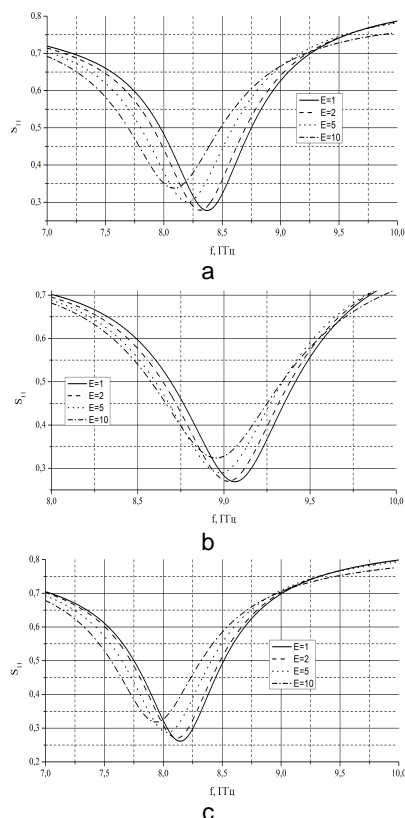


Рис. 2. Зависимости амплитудно-частотных характеристик полуволновых резонансных структур от величины диэлектрической проницаемости объекта диагностики.

Fig. 2. Amplitude-frequency characteristic of the half-wave resonant structures vs. a value of permittivity of a diagnostic object

Для всех вариантов топологии резонансных структур с зондами при увеличении диэлектрической проницаемости объекта диагностики наблюдается сдвиг центральной частоты резонансов, что свидетельствует о чувствительности характеристик рассмотренных структур к изменению параметров объектов, располагаемых вблизи областей локализованных с их помощью электромагнитных полей.

Также были проведены исследования возможности создания РИП на основе оконечно включенного кольцевого резонатора стоячей волны с подключенной к нему микрозондовой структурой. Топология,

распределение полей и амплитудно-частотная характеристика приведены на рис. 3.

При анализе влияния параметров образца, размещаемого в области острия микрозонда, было выявлено изменение частоты первого резонансного отклика при изменении ϵ_d от 1 до 5 – на 35 МГц, от 5 до 10 – на 15 МГц.

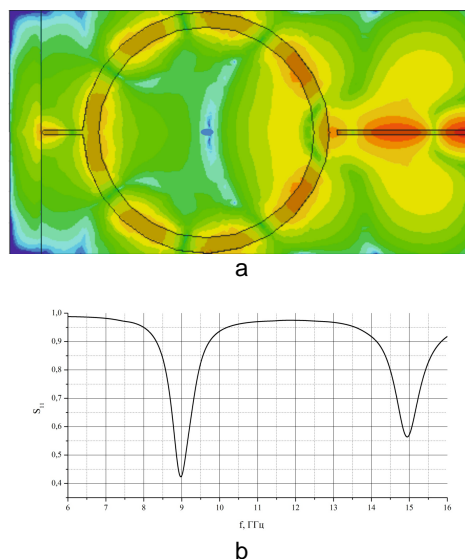


Рис. 3. Топология, распределение полей (a) и амплитудно-частотная характеристика (b) кольцевого резонатора с микрозондом.

Fig. 3. Topology, the distribution of the field (a) and amplitude-frequency characteristic (b) of a ring resonator with a microprobe

III. Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- изменение топологии полуволновых резонансных отрезков микрополосковой линии не приводит к существенному изменению их резонансных свойств;
- на заостренных участках (прототипах зондов) достигаются повышенные значения напряженностей локализованных полей;
- АЧХ рассмотренных структур обладают чувствительностью к изменениям параметров объектов, располагаемых вблизи зондов, что может быть использовано для диагностики.

В тоже время до практической экспериментальной реализации микрополосковых резонансных структур с зондами необходимо проведение дополнительных исследований по анализу возможностей максимального использования их резонансных свойств.

IV. References

- [1] Chen L.F., Ong C.K., Neo C.P. et al. *Microwave Electronics. Measurements and Materials Characterization*. John Wiley & Sons, Ltd., 2004. - 537p.
- [2] 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.
- [3] Bondarenko I.N., Galich A.V. Microstrip resonant sensors for scanning microwave microscopy - Proc. of the 12-th International Conference "Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science" (TCSET 2014), Ukraine. Lviv-Slavske, Feb. 25-March 1, 2014. pp. 145-147.