

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗОНАТОРНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ СКАНИРУЮЩЕГО МИКРОВОЛНОВОГО МИКРОСКОПА

И.Н. Бондаренко, Ю.С. Васильев, А.М. Проказа
Харьковский национальный университет радиозлектроники
г. Харьков, пр. Ленина, 14, 61166, Украина
тел.: (057) 702-13-62, e-mail: meru@kture.kharkov.ua

Аннотация – проведен анализ характера изменения передаточных функций резонаторного измерительного преобразователя, предназначенного для использования в микроволновом сканирующем микроскопе, в зависимости от конструктива элементов связи с линией передачи и зондовой структуры.

I. Введение

Особенностью резонаторных измерительных преобразователей (РИП), применяемых в СММ, является наличие микрозондовых структур, геометрические размеры и форма которых во многом определяют функциональные и метрологические возможности СММ в целом [1, 2].

Как правило, такая микрозондовая структура представляет собой малоразмерный волноводный или коаксиальный излучатель (микроантенну), который непосредственно входит в колебательный контур или подсоединяется к нему посредством элемента связи.

Целью работы является анализ и оценка влияния размеров и положения конструктивных элементов связи и зондовой структуры на передаточную функцию резонаторного измерительного преобразователя.

II. Основная часть

При создании и конструировании РИП с микрозондовыми структурами должен быть выполнен ряд требований.

При исследовании электрофизических характеристик материалов, сред и объектов для зондирования используется электрическая составляющая электромагнитного поля, создаваемого зондом в области исследуемого образца. Соответственно, зонд представляет собой структуру, формирующую соответствующую конфигурацию электрического поля. Для эффективного формирования требуемой конфигурации электрического поля необходимо учитывать характер взаимодействия зондовой структуры с составляющими электромагнитного поля колебательного контура. При этом конструкция и технология изготовления резонатора должны обеспечивать его максимальную собственную добротность при возбуждении на виде колебаний, подходящем для сопряжения с микрозондовой структурой.

Аналогичные требования должны выполняться при использовании зондов, формирующих требуемую конфигурацию магнитной составляющей электромагнитного поля при необходимости исследования магнитных характеристик.

Максимальные значения собственной добротности обычно достигаются с помощью объемных СВЧ резонаторов ($\sim 10^3 \dots 10^4$ в зависимости от вида колебаний и используемого материала).

Конструкция и внешний вид резонаторного измерительного преобразователя (РИП), который исследовался, приведен на рис. 1.

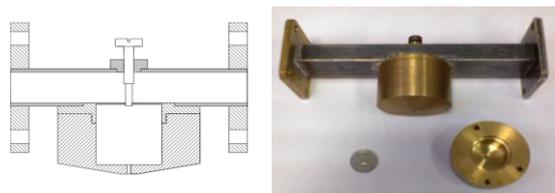


Рис. 1 Конструкция и внешний вид РИП
Fig. 1 Construction and appearance of the RMT

Цилиндрический резонатор возбуждается на виде колебаний E_{011} с помощью винта связи, проходящего через прямоугольный волновод в середине его широкой стенки и отверстие в торцевой стенке резонатора. Размеры резонатора: $H = D = 27,5$ мм.

На рис.2 приведены зависимости передаточной функции РИП от глубины L погружения винта связи в резонатор, на рис.3 - зависимости передаточной функции РИП от глубины введения h центрального проводника зондовой структуры внутрь резонатора.

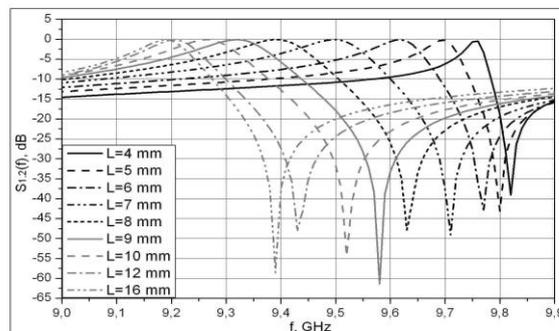


Рис. 2 Зависимость $S_{12}(f)$ от L
Fig. 2 The dependence of the $S_{12}(f)$ from L

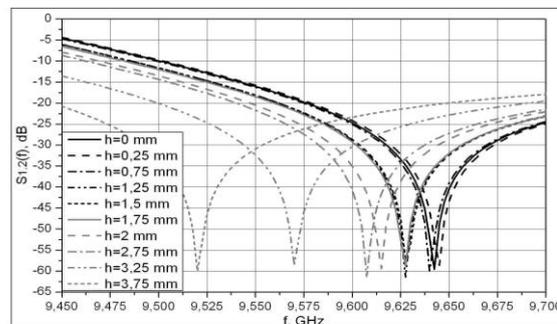


Рис. 3 Зависимость $S_{12}(f)$ от h
Fig. 3 The dependence of the $S_{12}(f)$ from h

Из графиков, приведенных на рис.2 и 3, видно, что погружение винта перестройки и центрального проводника зондовой структуры внутрь резонатора практически не изменяет форму передаточной функции, однако ведет к изменению резонансной частоты. В то же время из приведенных семейств графиков могут быть определены условия получения передаточных функций с наиболее крутыми фронтами.

Размеры апертурной области РИП, в частности степень выноса штыря коаксиальной зондовой структуры за пределы РИП также должны сказываться на передаточных характеристиках. Однако при анализе зависимости $S_{12}(f)$ от длины t центрального проводника зондовой структуры за пределами резонатора существенных изменений передаточных характеристик не наблюдается (см. рис.4).

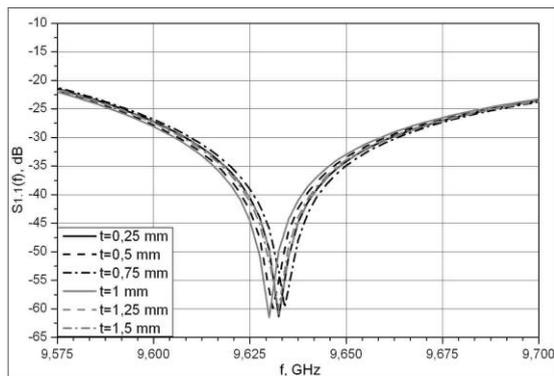


Рис.4 Зависимость $S_{12}(f)$ от t
Fig. 4 The dependence of the $S_{12}(f)$ from t

По-видимому, это связано с особенностями конкретной конструкции РИП, а также тем, что при анализе в апертурной области не предусматривалось наличия среды с диэлектрической проницаемостью больше единицы и заметными потерями.

III. Заключение

Анализ характера изменения передаточных функций конкретного резонаторного измерительного преобразователя, предназначенного для использования в микроволновом сканирующем микроскопе, в зависимости от конструктива элементов связи с линией передачи и зондовой структуры показал, что при изменении глубины погружения винта перестройки и центрального проводника зондовой структуры мало сказывается на форме передаточной функции РИП, хотя и приводит к изменению его рабочей частоты. В то же время независимость передаточной функции от величины выдвижения штыря в апертуре зондовой структуры обусловлена неадекватными реальным заданным условиям функционирования РИП.

IV. Список литературы

- [1] Anlage, S. M. Principles of near-field microwave microscopy / S. M. Anlage, V. V. Talanov, A. R. Schwartz // Scanning probe microscopy: electrical and electromechanical phenomena at the nanoscale / edited by S. V. Kalinin, A. Gruverman. – New York: Springer-Verlag, 2007. – V. 1. – P. 215–253.
- [2] Lee, K. Near-field scanning microscopy using a resonant waveguide probe at millimeter wavelengths / K. Lee, W. Park, J. Kim // Journal of the Korean Physical Society. – 2001. – V. 39, No. 6. – P. 1002–1006.

ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF RESONANT TRANSDUCER FOR SCANNING MICROWAVE MICROSCOPY

Bondarenko I.N., Vasiliev Yu.S., Prokaza A.M.
Kharkov National University of Radioelectronics

Kharkov, Lenin av., 14, 61166, Ukraine

Ph.: (057) 702-13-62, e-mail: mepu@kture.kharkov.ua

Abstract – Analysis of the change of transfer functions of the resonator transducer designed for use in the microwave scanning microscope, depending on the structural elements of elements due to transmission line and probe structure are performed.

I. Introduction

Feature of the resonator transducers (RMT) used in the SMM, is the presence of microprobe structures, dimensions and shape of which largely determine the functional and metrological features SMM as a whole [1, 2].

Typically, such a microprobe structure is a small-sized waveguide or coaxial emitter, which itself is a part of resonant circuit or connected to it via a coupling element.

The purpose of the given work is to analyze and assess the influence of the size and position of structural elements of communication and probe structure to the transfer function of the resonant measuring transducer.

II. Main Part

When studying the electrical properties of materials, environments and objects used for sensing the electric component of electromagnetic field produced by the probe in the sample. Accordingly, the probe is a structure that forms the proper configuration of the electric field. For efficient formation of the desired configuration is necessary to consider the electric nature of the interaction of the probe structure with the components of an electromagnetic field oscillating circuit. In this case, design and manufacturing technology of the cavity should provide its own maximum quality factor when excited by oscillations, suitable for interfacing with the microprobe structure.

From the graphs shown in Fig. 2 and 3, it is clear that immersion adjustment screw and the center conductor of the probe structure inside the resonator has practically no effect the shape of the transfer function, but leads to a change in the resonant frequency. At the same time from these families of graphs can be defined the conditions for obtaining the transfer functions with the most steep fronts.

The dimensions of the aperture area of RMT, in particular the degree of removal of pin coaxial probe structures beyond the RMT should also affect the transmission characteristics. However, when analyzing the dependence of $S_{12}(f)$ of the length t of the center conductor of the probe structure outside the cavity of significant changes in transmission characteristics are not observed (Fig. 4).

Apparently, it is connected with the peculiarities of the particular design of RMT, as well as the fact that in the analysis of aperture area does not provide for a medium with permittivity greater than unity and noticeable losses.

III. Conclusion

Analysis of the change of transfer functions of a specific resonator measuring transducer designed for use in the microwave scanning microscope, depending on the structural elements of elements due to transmission line and probe the structure showed that when the depth adjustment screw and the center conductor of the probe of the structure has little effect on the form transfer function of the RMT, although leads to changes in its operating frequency. At the same time the independence of the transfer function of the value of extension pin in the aperture of the probe structure is due to inadequate given the real conditions of functioning of RMT.