

ЧИСЛЕННАЯ МОДЕЛЬ МИКРОВОЛНОВОГО МИКРОСКОПА С РЕЗОНАТОРОМ НА ПЕТЛЕВЫХ ВОЗБУДИТЕЛЯХ

Таран Е.П., Шадрин А.А., Полетаев Д.А.
Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доц. Таран Е.П.
Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского,
кафедра «Радиофизики и электроники»
пр. Вернадского, 4, Симферополь — 95007, Украина
Тел.: (80652) 230360; e-mail: d_polet@mail.ru

Аннотация – Предложена модель микроволнового микроскопа с резонатором на петлевых возбудителях и произведен расчёт основных параметров на основании численного моделирования.

I. Введение

Существующие методы определения параметров полупроводниковых материалов имеют различную точность. Одним из наиболее перспективных методов является метод микроволновой микроскопии, достоинством которого является «бесконтактность» при проведении исследований и возможность проведения объёмного исследования материалов [1].

Существующие микроволновые микроскопы позволяют, в основном, исследовать параметры сверхпроводящих материалов с невысоким пространственным разрешением (~ 100 мкм) и требуют применения сложных методов измерения [1].

Целью работы является построение численной модели микроволнового микроскопа, значительно упрощающей процесс измерения, расчёт основных параметров резонатора микроскопа.

II. Основная часть

Численное моделирование проводилось методом конечных элементов. Модель микроволнового микроскопа включает в себя полуволновый резонатор, в верхней части которого расположены петля возбуждителя и петля приёмника, а в нижней части – отверстие, через которое проходит центральный проводник, переходящий в щуп микроскопа. Образец представляет кремниевую подложку, помещённую на металлическую пластину. Металлическая пластина соединена с оболочкой резонатора, для исключения паразитной ёмкости. Коаксиальный резонатор и зазор между торцом центрального проводника и образцом заполнены вакуумом.

Одномодовый режим коаксиального волновода обеспечивается на частотах: $f < \frac{2c}{\pi(D+d)}$ (1) (где c

– скорость света в вакууме; D – внутренний диаметр; d – диаметр центрального проводника волновода) [2]. Согласно уравнению $f_0 = \frac{nc}{2l}$ (2) (где

$n = 1, 2, 3, \dots$; l – длина резонатора), находится собственная частота полуволнового резонатора [2].

Формулы (1) и (2) требуются для проверки сохранения одномодового режима и приблизительного вычисления частоты исследуемого резонатора. Для точного определения резонансной частоты резонатора микроволнового микроскопа задавался диапазон частот (в окрестности резонансной частоты полуволнового резонатора) и вычислялись соответствующие им комплексные значения параметра Y_{12} . Значение частоты, при котором комплексная состав-

ляющая Y_{12} равна нулю, соответствует резонансной частоте (рис.1).

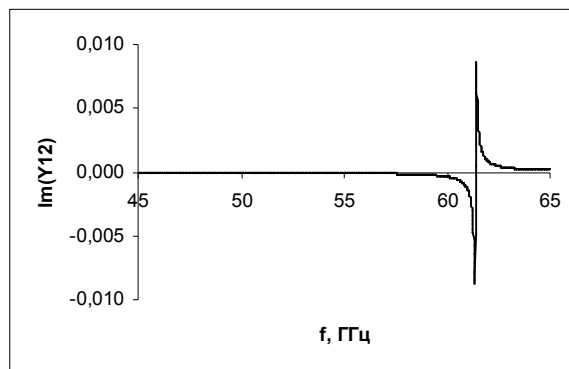


Рис.1 — Зависимость комплексной составляющей Y_{12} от частоты.

Из рис.1 видно, что частота резонанса составляет 61,379 ГГц. Полученная частота существенно выше частоты полуволнового резонатора.

Добротность резонатора вычисляется как:

$$Q = \frac{f_0}{2G} \left[\frac{dB}{df} \right]_{f \approx f_0} \quad (3) \quad (\text{где } G \text{ – действительная}$$

составляющая проводимости на резонансной частоте; B – мнимая составляющая проводимости на резонансной частоте) [2].

Используя формулу (3) и результаты численного моделирования, была найдена добротность резонатора 881,3.

Изменения диэлектрической и магнитной проницаемостей, проводимости образца влияет на частоту резонатора и его добротность.

III. Заключение

Таким образом, достоинством данной модели является простота снятия характеристик резонатора, что позволяет упростить процесс измерения параметров образца. Также результаты численного моделирования свидетельствуют о том, что данная модель имеет достаточную добротность для проведения измерений; оценочный расчёт частоты указывает на адекватность построенной модели.

IV. Список литературы

- [1] Vlahacos C. P., Black R. C., Anlage S. M., Wellstood F. C. Near-field scanning microwave microscope with 100 μm resolution. // Appl. Phys. Lett. – 1996. – № 69. – P. 3272 – 3274.
- [2] Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ. Под ред. Н. В. Девяткова. М.: Высш. школа, 1970. – 440 с.