

Н. И. Матушкин, Д. П. Буртовой,
канд. техн. наук

**ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТЕРЬ
ЛОКАЛЬНЫХ ПОГЛОТИТЕЛЕЙ**

Математический анализ работы приборов О-типа с локальным поглотителем, применяющимся для подавления паразитной генерации и обеспечения стабильной работы, представляет значительные трудности. Поэтому экспериментальное определение параметров поглощающего участка (его длины, закона распределения потерь по длине, удельного сопротивления поглощающего вещества, условий согласования на концах поглотителя и т. д.) приобретает первостепенное значение в технологии изготовления приборов О-типа.

Известны контактные и бесконтактные методы измерения и контроля локальных поглотителей. Контактные методы [1, 2] основаны на измерении распределения омического сопротивления путем прокатки поглотителя между двумя роликами, через которые пропускается постоянный ток.

Однако контактные методы измерения характеристик тонко-слоистых поглощающих покрытий обладают существенными недостатками: во-первых, возможны механические повреждения поглотителя, во-вторых, при нанесении поглотителя на диэлектрическую трубку часть поглотителя осажается внутри нее и влияет на работу ЛБВ, но это влияние не может быть оценено контактными методами. Кроме того, важное значение имеют измерения параметров локальных поглотителей в диапазоне рабочих

частот приборов О-типа, так как они могут, вообще говоря, отличаться от параметров по постоянному току.

В основу метода бесконтактного радиометрического контроля [3] положены измерения изменений характеристик волновода под действием вносимого локального поглотителя. Основным недостатком метода является необходимость использования миллиметровых волн, что затрудняет работу с установкой и не позволяет исследовать параметры поглотителей на других частотах.

С целью устранения присущих указанным методом недостатков исследуется возможность применения резонаторов специальной формы в качестве датчиков для измерения параметров локальных поглотителей.

В данной работе для дифференциального измерения потерь локальных поглотителей применяется запердельный резонатор на основе коаксиального волновода. Он отличается от коаксиального резонатора, нагруженного на емкость, тем, что по оси внутреннего проводника резонатора сделан канал цилиндрического сечения. Резонатор показан на рис. 1. Он состоит из цилиндра 1, торцовых крышек 2 и 3 с отрезками соосных круглых запердельных волноводов 4 и 5, разделенных зазором 6, и отверстий связи 7, 8. Одна из крышек резонатора, например 4, может

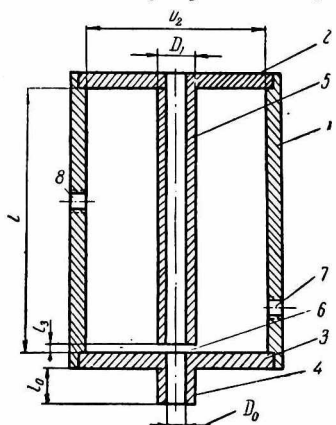


Рис. 1. Конструкция резонатора.

располагаться как показано на рис. 1 либо с выступающим внутрь резонатора отрезком запердельного волновода 4. В последнем случае зазор 6 будет образовываться между торцами запердельных волноводов 5 и 4.

Конструктивные размеры резонатора должны удовлетворять следующим требованиям. Внутренний диаметр запердельных волноводов 4, 5 выбирается больше диаметра образца с целью исключения механических повреждений поглощающего покрытия. В то же время запердельность волноводов с диэлектрическим образцом должна обеспечивать как можно более сильное убывание продольного электрического поля по их оси на собственной частоте резонатора [4]. Запердельность волноводов 4, 5 и величина зазора 6 определяют разрешающую способность резонатора по дифференциальному измерению распределения потерь локального поглотителя. Для увеличения разрешающей способности по дифференциальному измерению необходимо увеличивать запердельность волноводов 4 и 5, т. е. уменьшать их диаметр D_0 и величину торцового зазора l_3 . Однако уменьшение диаметра канала ограничено диаметром исследуемого образца, а уменьшение зазора l_3 — чувствительностью применяемого метода.

Применение описанного резонатора позволяет измерять параметры локальных поглотителей от сечения к сечению и при заданном законе распределения потерь производить их контроль и отбраковку. Испытуемый цилиндрический образец с нанесенным поглотителем вводится через запредельные волноводы в зазор резонатора. По мере продвижения образца в зависимости от закона нанесения поглотителя изменяется степень затухания электрического поля зазора, вследствие чего изменяется добротность резонатора. Между относительным изменением поверхностного сопротивления испытуемого образца $\frac{\Delta R_f}{R_f}$ и относительным изменением добротности резонатора $\frac{\Delta Q}{Q}$ существует линейная зависимость [5]:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = -c \frac{\Delta R_f}{R_f} \quad (1)$$

(c — некоторый постоянный коэффициент, определяемый геометрией резонатора).

Используя соотношение (1), измеряем параметры поглотителей в относительных величинах. Это позволяет получать информацию о законе распределения поглотителя и относительной величине потерь в нем.

Для экспериментального исследования локальных поглотителей, выполненных в виде цилиндрических кварцевых трубок и керамических стержней с напыленным аквадагом, рассчитан резонатор на частоту $f_0 = 3000$ МГц. Резонатор на колебаниях типа квази-ТЕМ₀₀₂ имел следующие размеры (см. рис. 1): $l = 60$, $D_0 = 4$, $D_1 = 12$, $D_2 = 48$, $l_0 = 7$, $l_3 = 0,5$ мм. При указанном диаметре $D_0 = 4$ мм глубина провисания поля основного типа волны внутрь запредельных волноводов оставила 2,5 мм. Таким образом, предельная разрешающая способность резонатора при величине зазора $l_3 = 0,5$ мм равна 3 мм.

Исследование диэлектрических стержней и трубок с нанесенным поглотителем при помощи данного резонатора проводилось фазовым методом, который позволяет непосредственно отсчитывать измеряемую величину, обеспечивает достаточную точность (общая погрешность менее 10%) и наглядность измерений [6]. Нагруженная добротность определялась по сдвигу фазы прошедшего через резонатор амплитудно-модулированного СВЧ-сигнала:

$$Q_n = \frac{f_0}{2F} \operatorname{tg} |\varphi|.$$

где f_0 — резонансная частота;
 F — частота модуляции.

Результаты измерений представлены графически (рис. 2, 3). На рис. 2 показана зависимость добротности резонатора Q от распределения потерь по длине стержня с диаметром 1,25 мм

и здесь же показана зависимость сопротивления поглотителя по постоянному току от длины. На рис. 3 приведены графики изменения относительных величин добротности и сопротивления для того же стержня. Из графиков видно, что зависимости $Q = \varphi_1(l)$ и $R = \varphi_2(l)$, а также $\frac{\Delta Q}{Q} = \varphi_3(l)$ и $\frac{\Delta R}{R} = \varphi_4(l)$ имеют одинаковый характер.

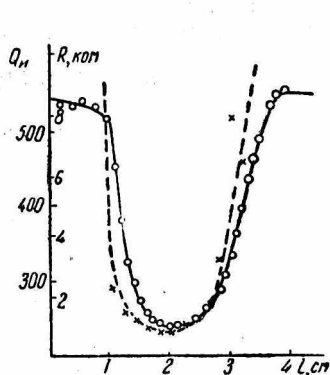


Рис. 2. Графики зависимости Q и R от распределения потерь по длине стержня — Q ; — \times — R .

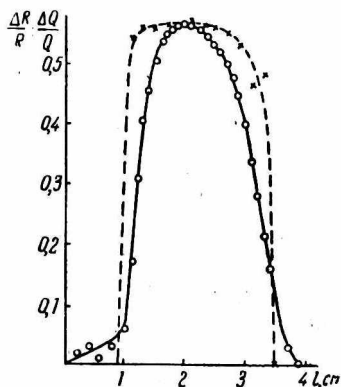


Рис. 3. Графики зависимости $\frac{\Delta Q}{Q}$ и $\frac{\Delta R}{R}$ от распределения потерь по длине стержня — $\frac{\Delta Q}{Q}$; — \times — $\frac{\Delta R}{R}$.

Расхождения в численных значениях объясняются различием сопротивления поглотителя по постоянному току и току СВЧ и различием попадающих в зону действия СВЧ-поля и постоянного тока участков измеряемого поглотителя.

Полученные с помощью резонатора результаты показывают возможность применения его для дифференциального измерения и контроля параметров локальных поглотителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Слущкая В. В. Тонкие пленки в технике СВЧ. М., «Советское радио», 1967. 456 с.
2. Логинов В. Н., Лукин В. Ф., Туманов А. А. Прибор для контроля локальных поглотителей СВЧ-энергии.— «Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ», 1968. вып. 1, с. 168—170.
3. Брук С. Г., Бродкин Н. Б., Соловьев А. В. Радиометрический метод контроля локальных углеродных поглотителей СВЧ-энергии для ЛБВ.— «Электронная техника. Сер. 10. Технология и организация производства», 1970. вып. 8 (40), с. 94—97.

4. Б у р т о в о й Д. П. Исследование возможности применения открытых предельных резонаторов для измерения параметров веществ. Автореф. канд. дис., Харьков, 1969. 13 с.
5. A l t a s s y G., K a s a S Проверка качества поверхности при помощи точного измерения добротности объемных резонаторов. Nachrichten — technik. 1964. № 7, с. 254—258.
6. К а р л и н е р М. М. Прямоотсчетный куметр на сверхвысоких частотах.— ПТЭ, 1961, № 5, с. 141—146.