

В. И. БОРИСОВ, А. В. КАРПЕНКО

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Диэлектрические волноводы составляют основу волоконных и интегрально-оптических устройств. Но в задачах радиоволнового неразрушающего контроля диэлектрические волноводы применяются недостаточно, хотя их использование дает возможность расширить методологию такого контроля, что обусловлено тем, что моды таких волноводов представляют собой неоднородные (эванесцентные) волны, которые распространяются не только по диэлектрическому волноводу, но и в воздушной среде, окружающей волновод. Глубина проникновения их в граничную среду порядка длины волны излучения, распространяющегося по волноводу, что при применении электромагнитных волн сантиметрового диапазона позволяет расположить вблизи поверхности волновода различные управляющие и регистрирующие устройства.

В предлагаемой работе приводятся результаты измерения диэлектрической проницаемости некоторых материалов на длине волны 32 мм. Измерения проводились на экспериментальной установке, схема которой приведена на рис. 1.

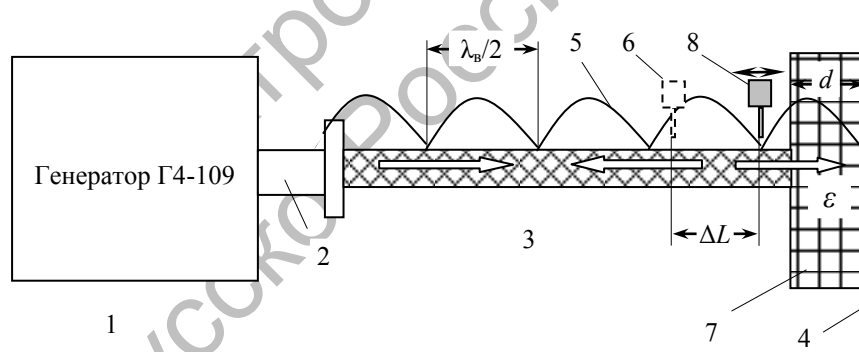


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

СВЧ-излучение от генератора из металлического волновода 2 вводится в одномодовый диэлектрический волновод 3 прямоугольного поперечного сечения размерами  $23 \times 10$  мм, изготовленный из фторопласта. Пройдя по волноводу 3, волна отражается от плоского алюминиевого зеркала 4, которое изначально устанавливается вплотную к выходному торцу диэлектрического волновода 3. В результате в волноводу образуется стоячая волна 5, период которой равен половине длины волны в волноводу  $\lambda_{в}$ . Так как в работе используется одномодовый диэлектрический СВЧ-волновод, в котором

электромагнитная волна распространяется в виде основной моды с эффективным показателем преломления  $n_{эф}$ , то вблизи поверхности волновода также образуется стоячая волна с тем же периодом, что и в волноводе. Использование в качестве отражателя СВЧ-излучения металлического зеркала приводит к тому, что узел стоячей волны всегда располагается на поверхности зеркала, от которой отражается излучение. Для регистрации распределения излучения в стоячей волне вблизи поверхности волновода устанавливается зонд детекторной секции 6 в такое положение, где наблюдается узел стоячей волны. Этот зонд имеет возможность перемещаться контролируемым образом вдоль продольной оси волновода. Затем между выходным торцом волновода и металлическим зеркалом располагается контролируемый образец 7 с неизвестной диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$  и известной толщиной  $d$ . Он устанавливается таким образом, что одна его поверхность располагается вплотную к выходному торцу волновода, а другая – вплотную к поверхности зеркала. После установки зеркала узлы стоячей волны смещаются в направлении зеркала на расстояние  $\Delta L$ , которое измеряется перемещением зонда в новое положение 7. Оптический путь, проходимой СВЧ-волной по волноводу на расстоянии  $\Delta L$ , равен оптическому пути проходимой волной через контролируемый образец, из чего определяется расчетная формула для неизвестной диэлектрической проницаемости

$$\varepsilon = \left( \frac{\Delta L \cdot n_{эф}}{d} \right)^2.$$

Формула справедлива лишь для слоев, толщина которых не превышает половину длины волны используемого излучения в материале контролируемого образца. Это ограничение связано с тем, что порядок интерференционного минимума, при постановке контролируемого образца в рабочее плечо интерферометра, не должен изменяться.

Были проведены измерения относительной диэлектрической проницаемости полистирола, фторопласта, винипласта, органического стекла и плавленного кварца. Усредненные по 10 независимым измерениям дали следующие результаты:

- для образца из полистирола толщиной 2,7 мм –  $\varepsilon=1,86\pm 0,10$ ;
- для образца из фторопласта толщиной 3,2 мм –  $\varepsilon=1,56\pm 0,05$ ;
- для винипластового образца толщиной 7,7 мм –  $\varepsilon=3,01\pm 0,14$ ;
- для образца из оргстекла толщиной 5 мм –  $\varepsilon=3,31\pm 0,09$ ;
- для образца из плавленного кварца марки КВ толщиной 14 мм –  $\varepsilon=4,43\pm 0,02$ .