

# Прохождение СВЧ-излучения через сегнетоэлектрическую пластину с сильной неоднородностью диэлектрической проницаемости

Д. В. Хацук, В. А. Ковтун-Кужель, А. П. Самородов

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно, Беларусь;*

*e-mail: vkovtun@grsu.by*

Была разработана и собрана блок-схема экспериментальной установки для исследования прохождения электромагнитных волн СВЧ-диапазона через пластину сегнетоэлектрика с сильной неоднородностью диэлектрической проницаемости в волноводе.

Приведены результаты экспериментального исследования прохождения электромагнитных волн СВЧ-диапазона через пластину сегнетоэлектрика с сильной неоднородностью диэлектрической проницаемости в волноводе. Полученные данные должны приниматься во внимание при исследовании прохождении электромагнитных волн СВЧ-диапазона через периодические гребенчатые структуры на основе сегнетоэлектрика, а также при разработке СВЧ-модуляторов на основе данных структур для антенных решёток.

**Ключевые слова:** сегнетоэлектрики, сильная неоднородность диэлектрической проницаемости, периодическая гребенчатая структура, прохождение, СВЧ.

## Введение

Для разработки современных устройств СВЧ-электроники требуется применение новых материалов на основе которых могут быть созданы быстрые управляемые сверхвысокочастотные устройства. Для реализации требуемых управляемых компонентов необходимо использовать материалы с нелинейными физическими свойствами и периодические гребенчатые структуры на их основе. Такими материалами, которые могут быть использованы для построения электронно-управляемых СВЧ-приборов, являются сегнетоэлектрики. При их использовании управление реализуется за счет изменения прикладываемого внешнего высокочастотного электрического поля [1].

Высокая поляризуемость полидоменных сегнетоэлектриков приводит к сильной неоднородности диэлектрической проницаемости, а движение доменов под действием электрического поля обуславливает нелинейные свойства сегнетоэлектриков. Эти свойства находят техническое применение, поэтому сегнетоэлектрики находят наиболее широкое техническое применение, чем другие несегнетоэлектрические материалы [1, 2].

## 1. Методика эксперимента

Образец сегнетоэлектрика, для электрических измерений был изготовлен в виде прямоугольной пластины размером  $28,5 \times 12,6$  мм, толщиной равной 1 мм. Измерения проводились в полосе частот от 7,5 ГГц до 9,9 ГГц, что соответствует длинам волн в волноводе 5,6–3,6 см.

Сегнетоэлектрическая пластина была помещена в прямоугольный волновод длиной 200 мм со съёмной широкой стенкой. Внутренние размеры волновода совпадают с размерами исследуемого образца. Пластина помещена перпендикулярно продольной оси волновода, что позволило полностью перекрыть сечение волноводного канала (рис. 1).

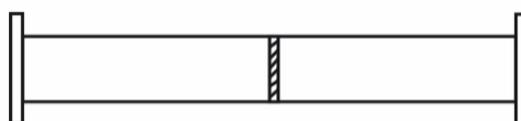


Рис. 1. – Продольный разрез волновода с пластиной (заштрихованная область).

Блок-схема экспериментальной установки для исследования распространения электромагнитных волн СВЧ-диапазона в волноводе приведена на рис. 2.

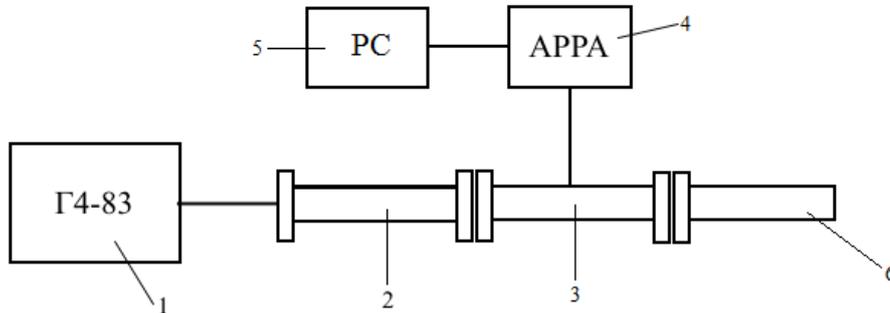


Рис. 2. – Блок-схема экспериментальной установки.

С генератора сигналов высокой частоты Г4-83 (диапазон частот 7,5–10,5 ГГц) (1), на один конец волновода (2) подается электромагнитный синусоидальный сигнал. Сигнал, прошедший через исследуемый образец расположенный в волноводе (2), попадает в направленный ответвитель (НО) проходящей волны (3), в выходном плече которого расположена штыревая антенна, а другое плечо замкнуто на согласованную нагрузку (6), для поглощения падающей волны и устранения тем самым отражения СВЧ-колебаний [3]. Принятый антенной проходящий сигнал поступает на вход детектора. Продетектированный сигнал фиксируется цифровым мультиметром АРРА 109N (4), подключённой к персональному компьютеру (5).

Измерялась АЧХ волновода с образцом. Измерения проводились в полосе частот от 7,6 ГГц до 9,9 ГГц с шагом 50 МГц.

По результатам эксперимента были построен график спектра пропускания сегнетоэлектрической пластиной с высокой неоднородностью диэлектрической проницаемости.

## 2. Обсуждение результатов исследования.

На рис. 3 представлен график спектра пропускания сегнетоэлектрической пластиной с высокой неоднородностью диэлектрической проницаемости.

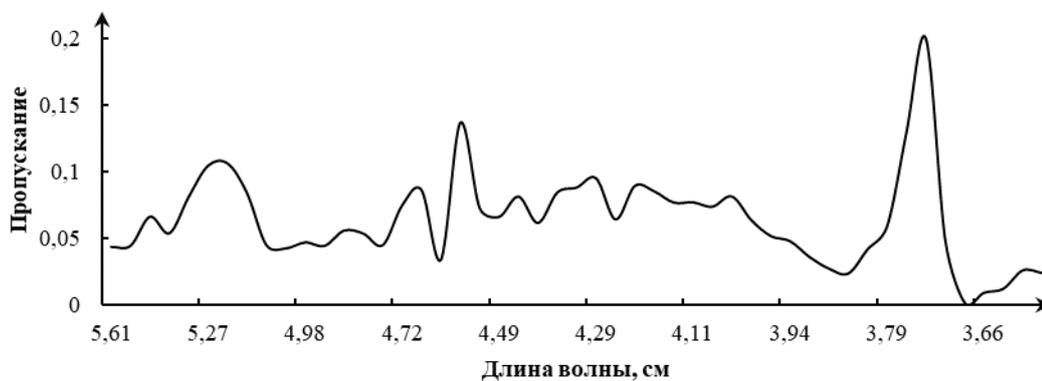


Рис. 3. – Спектр пропускания сегнетоэлектрической пластиной с высокой неоднородностью диэлектрической проницаемости.

Характер прохождения СВЧ-сигнала через сегнетоэлектрик носит немонотонный характер. Просматриваются явные максимумы. Значения максимумов на экспериментальной кривой с уменьшением длины волны увеличиваются. Это связано с уменьшением потерь с ростом частоты.

При расположении пластины сегнетоэлектрика в СВЧ-поле в нем развиваются два процесса: электропроводность и поляризация. Оба процесса сопровождаются потерями энергии электрического поля. Потери на электропроводность при росте частоты снижаются. Однако на определенных частотах резко возрастает резонансная поляризация, поэтому пропускание на этих частотах убывает. Как видно из приведенного рисунка, на определенных частотах начинается резонансная поляризация доменов различных компонент сегнетоэлектрика, а, следовательно, уменьшаются потери.

### **Заключение**

Исследован процесс прохождения СВЧ-излучения через сегнетоэлектрическую пластину с сильной неоднородностью диэлектрической проницаемости, расположенной в прямоугольном волноводе.

Полученные данные могут быть использованы при исследовании прохождения электромагнитных волн СВЧ-диапазона через периодические гребенчатые структуры на основе сегнетоэлектрика с сильной неоднородностью диэлектрической проницаемости, а также при разработке СВЧ-модуляторов на основе данных структур для антенных решёток.

### **Литература**

1. Рез И. С., Поплавко Ю. М. Диэлектрики. Основные свойства и применения в электронике. Москва: Радио и связь, 1989. 288 с.
2. Губкин А. Н. Физика диэлектриков. Москва: Высшая школа, 1971. 272 с.
3. Валитов Р. А., Сретенский В. Н. Радиоизмерения на сверхвысоких частотах. Москва: Военное издательство военного министерства СССР, 1951. 392 с.

## **Passing of microwave radiation through a ferroelectric plate with strong heterogeneity of dielectric permeability**

D.V. Khatsuk, V.A. Kovtun-Kuzhel, A.P. Samarodau ,

*Yanka Kupala Grodno State University, Grodno, Belarus; e-mail: kovtun@grsu.by*

The flowchart of experimental installation for a research of passing of electromagnetic waves of microwave range through a ferroelectric material plate with strong heterogeneity of dielectric permeability in a wave guide was developed and collected.

Results of a pilot research of passing of electromagnetic waves of microwave range through a ferroelectric material plate with strong heterogeneity of dielectric permeability are given in a wave guide.

Results of pilot research of dispersion by plate of ferroelectric material of electromagnetic waves of microwave range are given in wave guide and schedules are constructed.

The obtained data have to be taken into account at research of dispersion of electromagnetic waves of microwave range by periodic comb structures on the basis of ferroelectric material, and also when developing microwave modulators on the basis of these structures for antenna grids.

**Keywords:** ferroelectrics, strong heterogeneity of dielectric permeability, periodic comb structure, passing, microwaves.