

ОТРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭКРАНАМИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ СРЕД ИЗ ВОЛНОВОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Оглоблин Г.В. АмГПГУ, Комсомольск на Амуре, Россия

Целью настоящего исследования явилось получение эффективных экранов электромагнитного излучения для защиты и обеспечения условий безопасного труда персонала с радиоэлектронным оборудованием и электромагнитной совместимости путем управления искусственной средой и формирования геометрических неровностей поверхности экрана.

Ключевые слова. Электромагнитная волна, искусственная среда, экран, поверхность, диполь, жидкие кристаллы, свч-диапазон.

REFLECTION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION BY SCREENS BASED ON ARTIFICIAL ENVIRONMENTS OF WAVEGUIDE ELEMENTS

Ogloblin G. V. AmGPGU, Komsomolsk-on-Amur, Russia

The purpose of this study was to obtain effective electromagnetic radiation screens to protect and ensure safe working conditions for personnel with electronic equipment and electromagnetic compatibility by controlling the artificial environment and the formation of geometric irregularities of the screen surface.

Keyword. Electromagnetic wave, artificial medium, screen, surface, dipole, liquid crystals, microwave range.

Для оконных проёмов можно использовать жалюзи выполненные из металлопластинчатых структур $n < 1$. При этом необходимо учитывать длину волны работающей аппаратуры. Этот процесс можно моделировать в волноводной линии, сантиметрового диапазона электромагнитных волн, где

$$V_\Phi = \frac{c}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_k}\right)^2}},$$

где λ – длина электромагнитной волны в свободном пространстве, λ_k – критическая длина волны для данного волновода. Тогда

$$V_\Phi = \frac{c}{n}$$

Или

$$\frac{c}{n} = \frac{c}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_k}\right)^2}},$$

отсюда

$$n = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_k}\right)^2}$$

т.е. условие распространения волны связано с показателем преломления в волноводе, а также с шириной волновода **a** для волны H_{01} (электрический вектор перпендикулярен стороне **a**):

$$n = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}, \quad \lambda_k = 2a.$$

Следовательно, изменения **a**, мы можем регулировать прохождение волн через волновод.

1. Если $\lambda > 2a$; в этом случае волны затухают.
2. Если длина участка h волновода с $a < \lambda/2$ невелика, то следует ожидать просачивание волн сквозь этот участок.
3. $\lambda < 2a$; волна распространяется.

На рис.1 представлены три случая прохождения волны. Кривая АВСД иллюстрирует туннельный эффект.

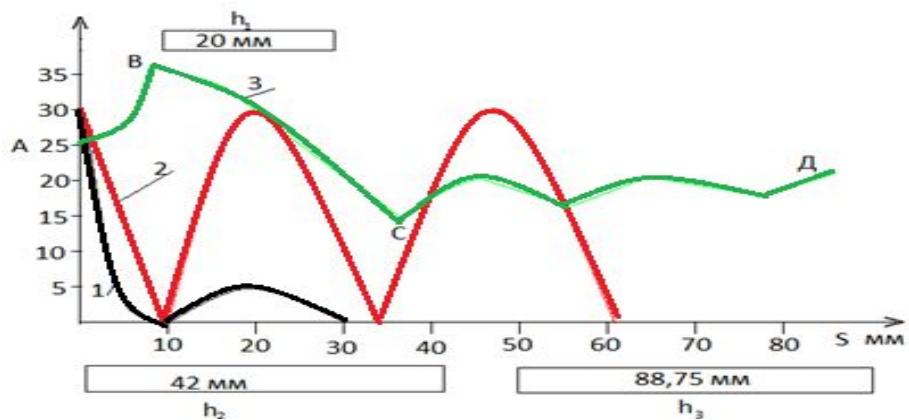


Рис.1. График прохождения волн через модель потенциального барьера.

Таким образом, если длина волны $\lambda > 2a$ - волна затухает. То для частоты 10ГГц расстояние между полосами должно быть порядка 20мм. В качестве примера рассмотрим лабораторную установку по гашению электромагнитного сигнала рис 2.

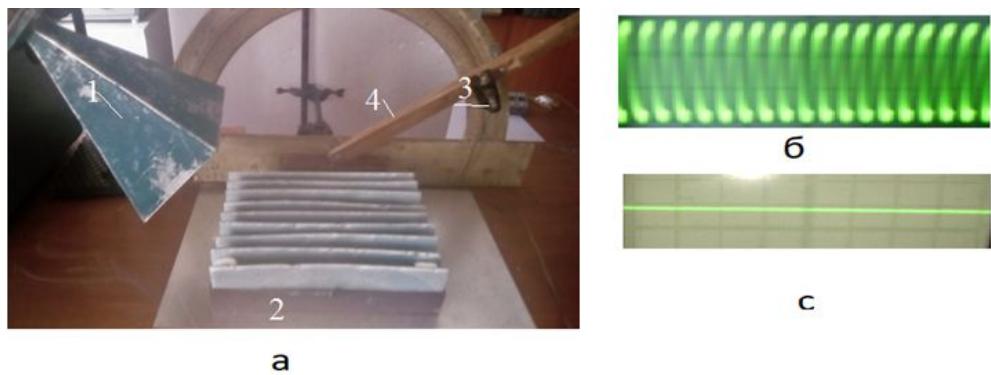


Рис.2.Лабораторный макет гашения электромагнитной волны частотой от 10ГГц. а.1.Рупорный излучатель СВЧ генератора.2.Отражающее зеркало.3.Пластина $\lambda/4$ из искусственного диэлектрика с $n < 1$. 4.Зонд-детектор закреплённый на подвижной штанге.5.Транспортир.6.Сигнал с детектора подаётся на осциллограф С1-76. б. Приёмный сигнал отражённый от металлического зеркал а. с. Приёмный сигнал отраженный от пластины толщиной $\lambda/4$ длины волны.

Оценим электромагнитное поле в СВЧ – печи с помощью жк-детектора разработанный в источнике [12]. Для исследования теплового действия электромагнитной волны в плоскости вектора Е мы выбрали камеру микроволновой печи типа «Sharp». Электромагнитные волны возбуждаются с помощью магнетрона в прямоугольном волноводе размером 40 x 90 мм.

Открытый конец волновода входит в рабочую (резонансную) камеру размером 340x330x205 мм через боковую стенку. При включении СВЧ-печи электромагнитные волны, возбуждаемые магнетроном, излучаются в рабочую камеру. При этом в камере энергия электромагнитной волны распределяется в виде сгустков картина распределения, которых характерна для стоячей волны: пучность – узел. В пучности максимум энергии в узле минимум. Для отображения данной картины в видимом формате нами предлагается детектор на жидких кристаллах [14]. Детектор представляет собой стеклянную капсулу размером 170x150x2,1мм . Одну из сторон чернят. Для этого берут графит и смешивают в пропорции 2:1 с kleem ПВА. Полученную смесь равномерным слоем наносят на одну из сторон капсулы. Нанесённый слой графита создаёт чёрный фон и одновременно является нагрузкой для электромагнитной волны. В тоже время сама стеклянная капсула является достаточной нагрузкой для электромагнитной волны так как её $\epsilon \approx 7-8$ на сверхвысоких частотах. Поэтому в качестве фона можно использовать чёрную эмаль. Вторая сторона капсулы прозрачна. Капсулу заполняют жидкими кристаллами холестерического типа с мезофазой 27-33°. Детектор устанавливают перпендикулярно широкой стенки волновода параллельно вектору Е электромагнитной волны. Ребро датчика упирается в открытый конец волновода, разделяя широкую стенку пополам. Для отображения картины теплового поля электромагнитной волны используется фотокамера в режиме серийной съёмки. Приведённые на рис.3 фотокадры развития теплового процесса электромагнитной волны выполнены в интервале 10 с.

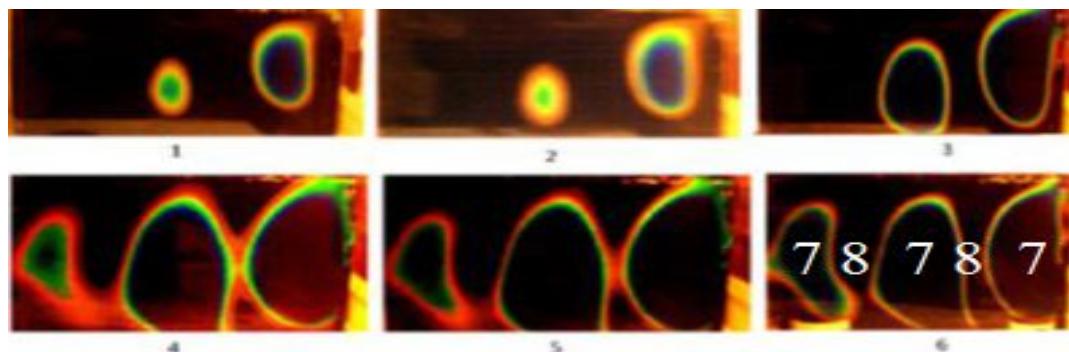


Рис.3.Динамика формирования теплового поля электромагнитной волны в резонаторе СВЧ-печи типа «Sharp». Кадра с 1-6 отображают развитие теплового поля электромагнитной волны. Пучности, а это область внутри колец формируются постепенно по мере прогревания областей концентрации энергии, и её отдачи нагрузке. При этом детектор отображает половину картины распределение электромагнитной волны в камере. Полная картина

распределения электромагнитной волны в камере будет представляться шестью пучностями. Кроме того чёрный фон внутри колец, свидетельствует о том, что температура выше 33°C . Жидкие кристаллы превратились в изотропную жидкость, поэтому просвечивается чёрный фон подложки. На границах раздела пучность-узел имеем набор изотерм, которые дают информацию о локализации энергии электромагнитной волны. Изотермы можно проанализировать, зная градирочную шкалу для данных кристаллов [4]. По полученным фотографиям можно примерно определить длину излучаемой волны. Для этого необходимо на рис.4 замерить длину отрезка «*а*» и полученную величину умножить на 4.

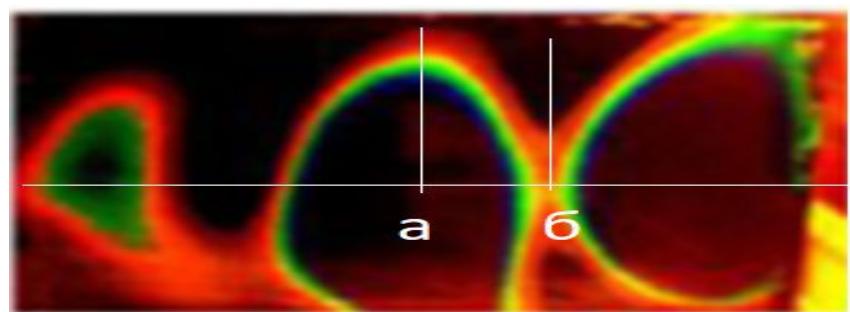


Рис.4. Схема, считывания отрезка равного четверти длины волны. Следует заметить, что измеренное значение длины волны будет справедливо, если режим формирования теплового поля установился.

Поперечный срез электромагнитной волны можно провести, если развернуть плоскость детектора перпендикулярно падающей волне и параллельно вектору \mathbf{E} . В этом случае, мы использовали два детектора с жидкими кристаллами с мезофазой $42\text{-}50^{\circ}\text{C}$ расположенные последовательно на расстоянии 40 мм друг от друга при этом первый детектор располагался на расстоянии 50мм от волноводного выхода. На рис. 5 представлен поперечный срез теплового поля электромагнитной волны.

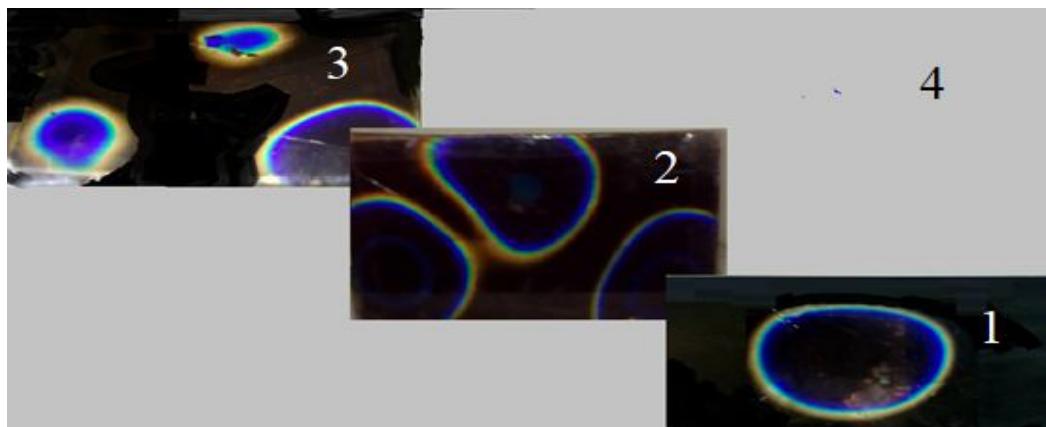


Рис.5. Поперечный срез теплового поля электромагнитной волны. 1.Детектор, установлен на расстоянии 50 мм от волноводного выхода. 2. Детектор, установлен на расстоянии 120 мм от первого детектора 3.датчик установлен на расстоянии 120мм от второго датчика. 4.СВЧ-камера. Выдержка 15с.

Картина полученных термограмм отражает сложный характер электромагнитной волны. Изотермы голубого, синего, фиолетового цвета характеризуют области повышенной температуры. Картина поля от детектора к детектору меняется, что свидетельствует об её неоднородности. На рис.6 показана термограмма в центральной части СВЧ-печи. Из термограмм следует, что мы имеем два мощных тепловых поля с ярко выраженными центрами локализации. В этом случае для равномерного облучения рабочего вещества необходимо вращение. Данная операция в СВЧ-печи выполняется с помощью электропривода и вращающегося стеклянного подноса.

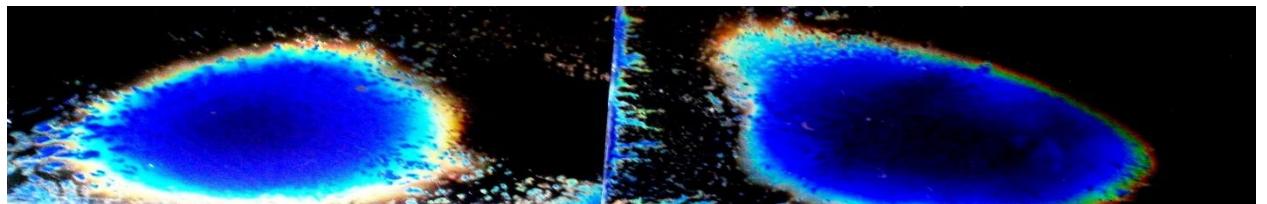


Рис. 6. Срез теплового поля в центральной зоне СВЧ-печи в плоскости параллельной дну резонансной камеры. Предложенная методика [15] анализа тепловых полей электромагнитной волны с помощью детектора в виде стеклянной капсулы с жидкими кристаллами позволяет получать информацию, как в качественном, так и количественном отображении. Предлагаемый детектор позволяет осуществить многократную постановку эксперимента. На рис.7 представлен макет защитного экрана от излучения 2.4ГГц.

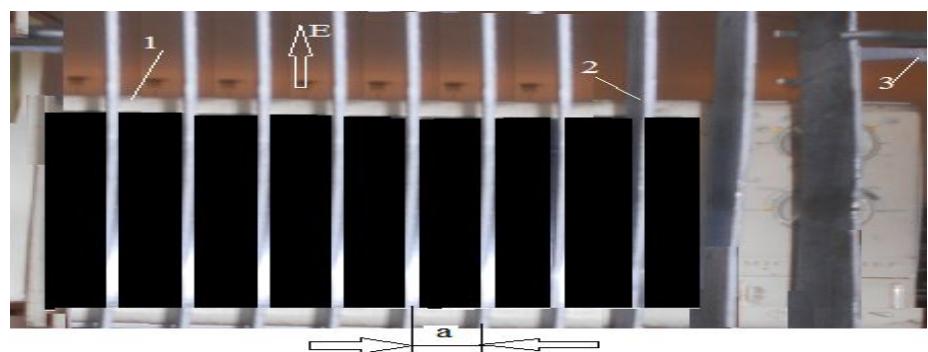


Рис.7.Экран типа «Потенциальный барьер».1. Металлопластинчатая структура с $n < 1.2$.Проводящие пластины. 3.Обойма крепления пластин.

Ослабление сигнала в зоне экрана 31,17Дб.

Опытный образец экрана выполненный на основе предлагаемых технологий для СВЧ-печи рис.7, прошёл практическую проверку, а материалы и методика их применения могут быть использована для защиты биологических объектов..

Литература.

1. Шапиро, Д.Н. Основы теории электромагнитного экранирования / Д.Н. Шапиро. – Л.: Энергия, 1975. – 112 с.
2. Электромагнитные излучения. Методы и средства защиты / В.А. Богуш [и др.]; под ред. Л.М. Лынькова. – Минск: Бестпринт, 2003. – 406 с.
3. Углеродсодержащие минералы и области их применения / Т.В. Борбелько [и др.]. – Минск: Бестпринт, 2009. – 156 с.
4. Шнейдерман, Я.А. Новые радиопоглощающие материалы / Я.А. Шнейдерман // Зарубежная радиоэлектроника. – 1969. – № 6. – С. 101 – 124.
5. Knott, E.F. Radar Cross Section / E.F. Knott, J.F. Shaeffer, M.T. Tuley. – Norwood, MA., USA: Artech House, Inc., 1993. – 611 p.
6. Маковецкий, П.В. Отражение радиолокационных сигналов. Лекции / П.В. Маковецкий, В.Г. Васильев. – Л.: ЛИАП, 1975. – 50 с.
7. Säily, J. Studies on specular and non-specular reflectivities of radar absorbing materials (RAM) at submillimetre wavelengths / J. Säily, A.V. Räisänen. – Espoo, Finland: Helsinki University of Technology Radio Laboratory Publications, 2003. – 56 p.
8. Iha, V. Composite based on waste-ferrites as microwave absorbers / V. Iha, A. Banthia // Indian J. Phys. – 1989. – Vol. 63, № 5. – P. 514 – 525.
9. Chung, D.D.L. Materials for Electromagnetic Interference Shielding / D.D.L. Chung // Journal of Materials Engineering and Performance. – 2000. – № 9(3). – P. 350 – 354.
10. Лыньков, Л.М. Микроволновые и оптические свойства многофункциональных экранов электромагнитного излучения на основе порошкообразного шунгита / Л.М. Лыньков, Т.В. Борбелько, Е.А. Криштопова // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: материалы 4-й междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19 – 21 окт. 2009 г. – Минск, 2009. – С. 23 – 25.

11. Радиопоглощающие свойства гибких экранов электромагнитного излучения на основе порошкообразного шунгита / Л.М. Лыньков [и др.] // Сб. науч. ст. Военной акад. Респ. Беларусь. – 2008. – № 15. – С. 57 – 61.
12. Оглоблин Г.В. Стулов В.В. Жидкокристаллический датчик для визуализации электромагнитных волн.//Теория и практика механической и электромагнитной обработки материалов. Материалы м.н-п.к. Комсомольск на Амуре 28-30 октября 2009г. Ч.1. Комсомольск-на-Амуре. 2009.С.61-64.
13. Оглоблин Г.В. Опыты со звуковыми и электромагнитными волнами. Комсомольск-на-Амуре: Изд. КГПУ, 2001.-92с
- 14.Оглоблин Г.В. жидкокристаллический детектор тепловых полей различной природы // Научный электронный архив.
URL: <http://econf.rae.ru/article/5960> (дата обращения: 08.03.2018).
15. Москвитина А, Оглоблин Г.В. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СВЧ – ПЕЧИ // Научный электронный архив.
URL: <http://econf.rae.ru/article/8102> (дата обращения: 08.03.2018).