

УДК 681.53

Н. А. ВАРЛАМОВА, И. В. КУРНОСОВ, канд. физ.-мат. наук, *В. В. ЛАРИКОВ*

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ КАРТИНЫ ПОЛЯ В ВОЛНОВОДЕ ПРИ БОЛЬШИХ УРОВНЯХ МОЩНОСТИ

В работах [1;2] описывалось исследование температурного поля круглого волновода посредством контактного и бесконтактного методов. В первом случае термодатчиком служил термистор, во втором — инфракрасный радиометр. Оба метода не дают возможности видеть и оценивать температурную картину полностью, что является их общим недостатком. Это становится возможным лишь после снятия результатов в отдельных точках, их обработки и составления таблицы и графиков.

Методами, позволяющими получить картину температурного поля всей поверхности волновода одновременно, служат тепловизионный и метод, использующий жидкокристаллические пленки. Эти методы были реализованы при исследовании тепловой картины на поверхности круглых волноводов при прохождении волны основного типа H_{11} .

Для проведения эксперимента собрали установку, волноводная часть которой состояла из магнетрона непрерывного генерирования, ферритового вентиля, исследуемой круглой волноводной секции, соединенной с трактом прямоугольного сечения посредством волноводных переходов, и калориметрического измерителя мощности МЗ-13/1, служащего нагрузкой. Для исключения неравномерности нагрева измерительной волноводной секции она устанавливалась вертикально. Измерительная секция была изготовлена из нержавеющей стали толщиной 60 мкм. Такая толщина фольги не пропускает электромагнитное излучение и в то же время позволяет получить температурное распределение на поверхности, удовлетворительно повторяющее распределение электромагнитного поля внутри волновода [1]. Длина секции составляла 12 см, диаметр — 3 см. Для обеспечения достаточной механической прочности секция закреплялась в толстостенных латунных фланцах.

Вначале для исследований использовали тепловизор «Рубин-2». Он не имеет экрана и дает изображение предмета на химической бумаге. В связи с невысокой чувствительностью данного типа тепловизора, а также малым температурным перепадом на исследуемой секции получить четкое изображение не удалось. Затем применяли тепловизор ТВ-03, обладающий лучшими параметрами и позволяющий непосредственно на экране видеть тепловое изображение исследуемого объекта. Для устранения отражений от поверхности волновода ее зачерняли специальным составом. Поскольку данный тип тепловизора также рассчитан на большие разности температуры, удалось получить только качественную картину, которая не противоречит результатам ранее проведенных исследований [1;2].

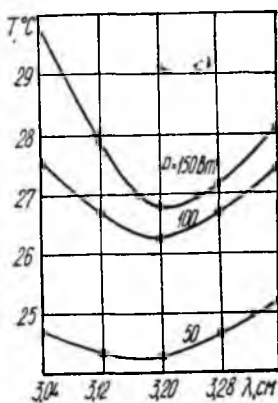
Наиболее удовлетворительный результат получили при измерениях, произведенных с помощью холестерических жидких кристаллов. Их свойства привлекают внимание экспериментаторов, работающих в различных областях физики. В частности, благодаря свойству селективного рассеяния холестерические жидкие кристаллы применяются для визуализации поля температур на поверхности тел. Термоиндикаторы на основе жидких кристаллов обладают высокой чувствительностью, широким диапазоном рабочих температур, достаточным быстродействием. В них отсутствуют гистерезисные явления. Относительная простота методики их использования и возможность получения двумерной картины температурного поля при сложной геометрии исследуемого объекта дают определенные преимущества по сравнению с известными методами визуализации температурных полей, в которых применяются тепловизоры, люминесцентные составы, термоиндикаторные краски и термоиндикаторы плавления.

В экспериментах использовались термоиндикаторные пленки, полученные на основе смесей эфиров холестерина, закапсулированные в полимерную матрицу [3]. Рабочая область температур, перекрываемая полосой селективного отражения, лежала в интервале 20—35 °С. Методом преобразования распределения энергии СВЧ-поля в тепловой рельеф и визуализации его с помощью жидких кристаллов ранее изучались и были описаны некоторые вопросы структуры СВЧ-полей (поле излучения антенны и открытый конец волновода) [4].

В нашем случае жидкокристаллическая пленка контактировала не непосредственно с полем в волноводе, а с нагреваемой им фольгой из поглощающего материала. Жидкокристаллическую пленку наклеивали на поверхность тонкостенной волноводной секции таким образом, чтобы между волноводом и пленкой осуществлялся хороший тепловой контакт и отсутствовали воздушные промежутки. В зависимости от температуры стенок изменялась цветовая гамма жидкокристаллической пленки. Цветовая характеристика пленки следующая:

Температура, °С	24,7	25,25	26,0	26,5	27,6	32,6
Цвет	Красный	Зеленый	Голубой	Синий	Фиолетовый	Черный

При прохождении СВЧ-мощности по волноводу температура стенок фиксировалась предварительно откалиброванной медь-константановой термопарой, соединенной с цифровым вольтметром Ф-30. Для создания оптимальных температурных условий и уменьшения температурной зависимости от окружающей среды измерительная секция помещалась в термостат, изготовленный из пенопласта. Передняя стенка термостата закрывалась стеклом. Мощность генератора изменялась в пределах 0 — 180 Вт, частота — 8,9 — 9,8 ГГц. При трех фиксированных длинах волны была снята зависимость температуры стенки от проходящей мощности. Картина поля при этом регистрировалась с помощью жидкокристаллической пленки и фиксировалась на черно-белую и цветную фотопленку. При возрастании мощности в 7 раз, т. е. от 25 до 175 Вт, температура секции повышалась в среднем в 1,5 раза по гиперболическому закону. На пленке при этом наблюдалось от трех до пяти четко очерченных пятен более высокой температуры, показывающих места наибольшей напряженности электрического поля.



При разных значениях проходящей мощности определили зависимость нагрева стенок волновода от изменения длины волны. По полученным данным построен график (рисунок). Из него можно сделать вывод о наилучшем согласовании тракта при $\lambda = 3,2$ см, что соответствует точкам наименьшего нагрева.

Проведенные эксперименты показали, что метод, использующий жидкокристаллические пленки в сочетании с тонкостенной волноводной секцией из поглощающего материала, пригоден как качественный экспресс-метод. Он дает возможность, не производя длительных измерений, увидеть динамику процессов, происходящих в волноводе, изменение структуры поля при варьировании того или иного параметра. Его можно использовать для контроля правильности измерений, проводимых другими методами.

Список литературы: 1. Варламова Н. А., Кукуш В. Д., Ларионов В. В. К исследованию температурного поля круглого волновода // Радиотехника. 1982. Вып. 61. С. 89—94. 2. Варламова Н. А., Мешков С. Н., Семенов В. И. Применение ИК-радиометра для исследования температурного поля волновода // Радиотехника. 1982. Вып. 62. С. 91 — 95. 3. Жидкокристаллические термоиндикаторы на основе производных холестерина Тищенко В. Г., Махотило А. П., Черкашина Р. М. и др // Свойства и применение жидкокристаллических термоиндикаторов. Новосибирск, 1980. С. 17—39. 4. О применении жидких кристаллов в разработке микроминиатюрных СВЧ устройств / Глазков Г. Н., Жмудь А. А., Молоков Г. Г. и др // Сб. докл. II Всесоюз. науч. конф. по жидким кристаллам. Иваново, 1973. С. 296 — 300.

Поступила в редколлегию 11.02.87