

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ФІЗИЧНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

УДК 535 : 621.362 : 621.317.794

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОВОЛОЧНЫХ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В КВАЗИОПТИЧЕСКИХ ТРАКТАХ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН

О.Е. Марькивский

(Институт радиофизики и электроники НАН Украины, Харьков)

Рассмотрены экспериментальные исследования основных параметров микропроволочных первичных преобразователей – коэффициента преобразования и коэффициента ослабления в миллиметровом диапазоне волн.

микропроволочные первичные преобразователи, миллиметровый диапазон волн

Для определения эффективности использования в квазиоптических трактах миллиметрового диапазона волн микропроволочных первичных измерительных преобразователей (ПИП) были проведены экспериментальные исследования по определению вносимых микропроволочными ПИП возмущений в квазиоптический тракт и коэффициент преобразования ПИП.

Разработанные ПИП по своему конструктивному исполнению достаточно хорошо приближаются к дифракционным решеткам, нашедшим широкое применение в качестве элементов квазиоптических трактов миллиметрового диапазона волн [2]. Наибольшее подобие микропроволочных ПИП дифракционным решеткам наблюдается у ПИП тока, меньшее у ПИП напряжения [6].

Дифракционные решетки достаточно полно описаны в литературе [1 – 5] как в теоретическом плане, так и при экспериментальных исследованиях. Поэтому в работе экспериментально исследовались два параметра, наиболее важные для ПИП, это коэффициент преобразования и коэффициент ослабления.

Экспериментальные исследования микропроволочных ПИП проводились на установке, функциональная схема которой представлена на рис. 1, а общий вид на рис. 2. Источником излучения являлся генератор дифракционного излучения, разработанный в ИРЭ НАН Украины, с длиной волны 2 мм и мощностью порядка 300 мВт. С выхода генератора через полупроводниковый модулятор и квазиоптический переход [2] излучение подавалось в измерительную схему, включающую делитель излучения на пучки и каналы регистрации прошедшего ПИП излучения и отраженного. Каналы регистрации состояли из калиброванных ослабителей излучения, включенных в квазиоптический тракт с помощью переходов на волноводные элементы [2], диодных детекторных секций и электронных регистрирующих устройств.

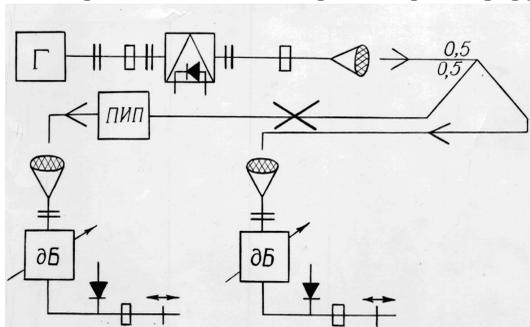


Рис. 1. Блок схема установки для экспериментальных исследований

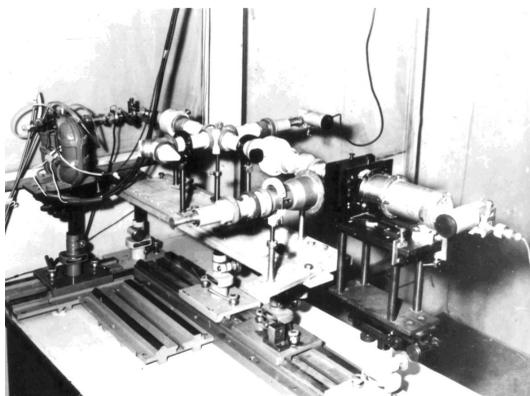


Рис. 2. Установка для экспериментальных исследований

Подобное построение измерительной установки позволяет одновременно производить измерение отраженного и прошедшего ПИП излучения. Для измерения коэффициента преобразования из измерительной схемы исключались делитель пучка и модулятор. Измерение выходной мощности генератора проводилось с помощью термисторной головки.

При расчете коэффициента преобразования учитывались паспортизованные ослабления, вносимые элементами измерительной схемы, которые располагались между генератором и исследуемым ПИП.

Экспериментально исследовалось влияние на квазиоптический тракт ПИП тока и ПИП напря-

жения со следующими конструктивными параметрами: диаметр микропровода 30 мкм, шаг намотки 250 мкм для ПИП тока и 500 мкм для ПИП напряжения. При анализе возмущений, вносимых в квазиоптический тракт, наибольшее поглощение электромагнитной энергии, т.е. наибольший коэф-

коэффициент преобразования ПИП, наблюдается в том случае, когда вектор поля \vec{E} параллелен проволочным поглощающим элементам. При работе ПИП в проходящем излучении такой случай взаимной ориентации проволочек относительно вектора \vec{E} вызывает почти полное отражение излучения от ПИП. Таким образом, использование ПИП, помещенного на пути распространения пучка (как можно выполнять в оптическом диапазоне) исключено. Предлагается использовать ПИП для работы в проходящем излучении, разместив его под углом 45° относительно оси падающего на ПИП излучения и ориентируя поглощающие элементы параллельно вектору \vec{E} . Тогда отраженная энергия будет направлена под углом 90° по отношению к падающему пучку. Для такого пространственного положения ПИП относительно падающего пучка экспериментально исследовался ПИП напряжения. Для ПИП напряжения получены следующие результаты: коэффициент преобразования 5,1 мВ/Вт и коэффициент отражения 0,93. Коэффициент отражения измерялся следующим образом. В канал вместо ПИП устанавливалось полностью отражающее зеркало и юстировалось по максимуму отраженной энергии, т.е. максимальному выходному сигналу регистрирующего устройства. При этом фиксировалось значение выходного напряжения канала отраженного излучения и показания шкалы калиброванного ослабителя в этом канале. Затем вместо зеркала устанавливался ПИП и проводилась его юстировка, как и в случае отражающего зеркала. Устанавливая значение напряжения на выходе регистрирующей схемы канала отраженного сигнала с помощью ослабителя (как для зеркала) можно было получить разность значений шкалы ослабителя, что и определяло величину коэффициента отражения. Для приведенных ранее параметров конструктивного исполнения ПИП напряжения разность показаний ослабителя составила 0,2 дБ. Коэффициент преобразования вычислялся по измеренному выходному сигналу ПИП и известному значению выходной мощности генератора и паспортизированным значениям вносимых ослаблений элементами тракта при исключении из измерительной схемы делителя мощности и модулятора.

Аналогичные измерения были проведены и для ПИП тока с конструктивными параметрами, приведенными ранее. Полученное значение коэффициента отражения составляет 0,95, значение коэффициента преобразования 5 мВ/Вт. Сравнение данных экспериментального исследования ПИП напряжения и ПИП тока указывает на то, что во взаимодействии элементов ПИП напряжения с электромагнитным излучением практически участвует только обращенная к источнику энергии часть намотанной проволоки, что соответствует теоретическим представлениям. Поэтому для квазиоптических трактов миллиметрового диапазона волн целесообразно применять ПИП тока. При необходимости коррекцию зонной характеристики легко осуществить, располагая ряд ПИП под

углом 45° к падающему излучению на каждый ПИП и смещать геометрические центры ПИП относительно продольной оси пучка излучения.

Проведенные экспериментальные исследования по определению эффективности использования в квазиоптических трактах миллиметрового диапазона волн микропроволочных термоэлектрических первичных преобразователей проходящей мощности излучения указывают на перспективность применения ПИП тока. При измерении проходящей мощности ПИП используется на отражение электромагнитной энергии при коэффициенте отражения 0,95 и больше для более густых чем примененные в эксперименте решетки. Коэффициент преобразования определяется плотностью решетки и составляет порядка 5 мВ/Вт и более при увеличении плотности решетки. Оптимизация зонных характеристик расположением термоконтактов со смещением относительно центра пучка позволяет увеличить точность измерения при изменении геометрических параметров пучка и положения его в пространстве.

Все ранее высказанное позволяет указать на целесообразность применения проволочных термоэлектрических первичных измерительных преобразователей в квазиоптических трактах миллиметрового диапазона волн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дифракция волн на решетках / В.П. Шестопалов, Л.Н. Литвиненко, С.А. Масалов, В.Г. Сологуб. – Х.: Вища школа, 1976. – 231 с.
2. Кулешов Е.М. Измерения в субмиллиметровом диапазоне радиоволн. Глава 8. Электроника и радиофизика миллиметровых и субмиллиметровых радиоволн / А.Я. Усиков, Э.А. Канер и др. – К.: Наук. думка, 1986. – 368 с.
3. Возможность измерения параметров одномерных проволочных решеток / В.К. Киселев, Е.М. Кулешов, Д.Д. Литвинов, В.Н. Полупанов // Изв. вузов. Радиотехника. – 1974. – Т. 17, № 7. – С. 119-121.
4. Киселев В.К. Исследование методов создания и разработка автоматических квазиоптических измерителей модуля коэффициента отражения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Севастополь, 1981. – 24 с.
5. Ирисова Н.Ф., Виноградов Е.А. О применении сетчатых элементов в квазиоптике миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов // В кн.: 3 Коллоквиум по микроволновым линиям связи (Будапешт. 1966. Тез. докл.). – Будапешт: Изд-во Венгерской Академии Наук, 1966.
6. Марыкивский О.Е. Проволочный приемник проходящей мощности излучения лазеров // Тез. докл. 3-й Всесоюз. научн.-техн. конф. “Фотометрия и ее метрологическое обеспечение”. – М.: ВНИИОФИ. – 1979. – С. 57.

Поступила 16.02.2006

Рецензент: доктор физико-математических наук, ст. научный сотрудник В.К. Иванов, Институт радиофизики и электроники НАН Украины, Харьков.