

Установка позволяет в полуавтоматическом режиме получать запись атмосферного поглощения в диапазоне работы ЛОВ-ов типа ОВ-70, ОВ-71, ОВ-87 шагами по собственным модам резонатора ~500 МГц, без механической перестройки длины резонатора и определять абсолютное поглощение на любой фиксированной частоте методом вариации длины пути поглощения (длины резонатора).

Время перестройки длины резонатора и записи величины поглощения существенно меньше времени изменения метеопараметров в лабораторных условиях. Это позволяет реализовать метод вариации дальности в чистом виде, недоступном для реальных трассовых измерений.

В режиме измерения влагосодержания, на частоте 183 ГГц чувствительность установки составляет ~1 мг/м³. (Максимальная влажность лимитируется конденсацией паров на зеркалах)

III. Результаты исследований

Проведены исследования поглощения в серии дисков из легированного золотом кремния и ряда алмазных дисков предназначенных для изготовления окон вывода энергии мегаваттных гиротронов. Разработана технология обработки поверхностей как кремниевых, так и алмазных дисков не вносящая дополнительных потерь по сравнению с "объёмным" поглощением. Однако выявлено, что после процесса высокотемпературной пайки дисков в сопутствующую арматуру плоскости дисков (как это свойственно полупроводникам) "набирают" избыточное (по сравнению с объёмом) количество свободных носителей заряда, приводящее, соответственно, к добавочному поглощению. Причем величина добавочного поглощения составляет 30%–60% от общей поглощаемой в окне мощности. Но это поглощение в тонком (порядка нескольких микрон) поверхностном слое приводит как к перегреву поверхности, вызывающему избыточные механические напряжения в окне, (вплоть до его разрушения) так и к поверхностному пробою, нарушающему режим работы гиротрона.

Интерес к исследованию диэлектрических параметров плёночных материалов вызван широким использованием тонких (много меньше длины волны) плёнок для всевозможного рода квазиоптических делителей мощности, а также для подложек интегральных микросхем микроволнового диапазона.

В результате проведенных исследований $\text{tg}\delta$ и показателя преломления популярных плёночных материалов, таких как тефлон, лавсан, полиамид и т. д. выявлено, что диэлектрические параметры этих материалов различаются до 10%–15% у разных фирм изготовителей. Наибольшее различие в величине $\text{tg}\delta$ для разных рулонов отмечено для материала с минимальным поглощением – тефлона.

Кроме того, практически все "рулонные" плёнки обладают анизотропией показателя преломления вдоль и поперёк рулона, достигающую до 15%.

Поглощение в атмосфере исследовалось при различных комбинациях метеопараметров в лабораторных условиях. Исследования охватили полосу поглощения кислорода в районе 60 ГГц, отдельную линию кислорода на 118 ГГц и линию поглощения воды на 183 ГГц.

На Рис.2 приведен спектр поглощения атмосферы в диапазоне 44-98 ГГц. (Профиль попоны поглощения кислорода рассчитан по Розенкранцу.) Внизу – ошибка восстановления умноженная на 10.

На Рис.3 - в диапазоне 113-200 ГГц. Профиль линии воды хорошо описывается формой по Ван Флеку-Вейскопфу при расстройке до 20 полуширин линии. Совпадение расчетной и экспериментальной интегральных интенсивностей ~2%. Найденный отсюда параметр уширения линии воды сухим воздухом = 3.985 ± 0.04 МГц/Торр.

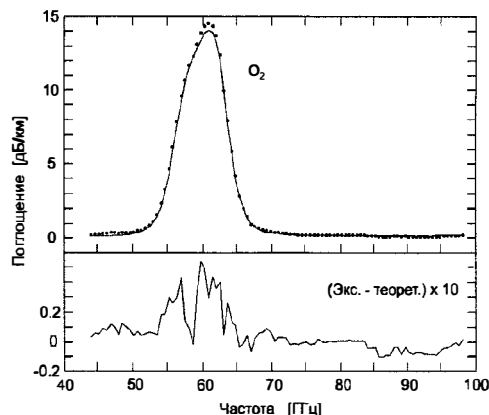


Рис.2 Спектр поглощения атмосферы 44-98 ГГц
Fig.2 Atmosphere absorption spectre at 44-98 GHz.

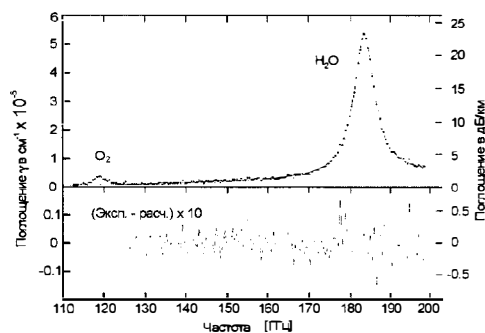


Рис.3 Спектр поглощения атмосферы 113-200 ГГц.
Fig.3 Atmosphere absorption spectre at 113-200 GHz.

Методом вариации длины резонатора было измерено абсолютное поглощение в атмосфере на частоте 140.286 ГГц равное 0.4301(27) дБ/км. Результат измерения сравнивается с моделью Г. Либе (МРМ-89, МРМ-92), и последней версией П.В. Розенкранца. Расчет поглощения для данных атмосферных условий дает 0.443 дБ/км.

Проведенные широкодиапазонные исследования атмосферного поглощения дают реальную оценку применимости существующих моделей атмосферы для расчёта поглощения на протяженных трассах.

IV. Заключение

Аппаратура для исследования поглощения в газе и конденсированных средах диапазона 45–200 ГГц создана. Чувствительность установки, как минимум на порядок превосходящая мировой уровень, открывает новые возможности для исследований.

Создаётся установка на диапазон 200–400 ГГц, используя те же принципы построения аппаратуры.

V. Список литературы

- [1] V.V.Parshin, V.G.Raichenko and V.I.Konov. "Diamonds for High-Power Gyrotron Window" Conf. Digest of the 23rd International Conference on Infrared and Millimetre Waves, pp.232-233, Colchester, UK, 1998
- [2] A.F.Krupnov, M.Yu.Tretyakov, V.V.Parshin, V.N.Shanin and S.E.Myasnikova. Modern Millimeter-Wave Resonator Spectroscopy of Broad Lines. Accepted for publication to the Journal of Molecular Spectroscopy. V. 201, 2000.

THE ULTRA-LOW ABSORPTIONS INVESTIGATION IN DIELECTRICS AND ATMOSPHERE WITHIN 45-200 GHZ FREQUENCY BAND

V.V. Parshin, A.F. Krupnov, S.E. Myasnikova,
M.Yu. Tretyakov, V.N. Shanin
Applied Physics Institute RAS
46 Ulyanov st., N.Novgorod - 603600, Russia
Ph. 8312-384566

Abstract– The new generation set of 45 – 200 GHz band for the investigation of dielectric absorption, including atmosphere is created. A special attention is paid both to the investigation of ultralow absorption in the modern high-quality dielectrics, including thin films and to the atmosphere absorption, including the lines of oxygen and water absorption.

It was found out that Si and diamond output windows for the megawatt microwave gyrotrons have the essential absorption in thin, $\ll \lambda$, surface layer, leading to the surface discharges.

Practically all the rolled film materials have the distinct anisotropy of dielectric parameters, which also depend upon the producer.

The results of atmosphere absorption measurement have been compared with the theoretical models.

I. Introduction

The microwave technology development, especially of high power electronics, demanded the refinement of data concerning the parameter of existing dielectrics as a media for electromagnetic radiation propagation and creation of new materials with the unique electric and thermo-physical properties.

For the investigation of new materials with ultralow absorption in microwave range and for the atmosphere absorption investigation, both in transparency windows and in the lines of absorption, the new generation set with the highest sensitivity was created and the new method for absorption calculation was developed.

II. Description of the set

The block diagram of the apparatus is presented in Fig.1.

The open Fabry-Perot resonator is used for dielectric and atmosphere measurements. The resonator length is 250 – 400 mm, Q-factor is ~ 600 000.

The synthesized frequency radiation source employs a BWO which was stabilized by a phase lock-in loop with the use of two reference synthesizers: one microwave synthesizer defines the central frequency and the other fast synthesizer is aimed for precise fast scanning of the BWO frequency around the chosen central frequency. Fast synthesizer provides frequency scanning without loss of oscillations phase (without

phase jumps). The time of its switching is 200 ns and time between switching is ~60 μ s.

This mode is used for precise recording of resonance curve of a resonator. The time of one triangle scan is ~30 ms.

The determination of resonator curve width includes the fitting of its shape to the Lorentzian. At the averaging of approx. 500 scans, the accuracy of measurement of resonance curve width was approx. 20 Hz. For gas filling the resonator, it corresponds to ~ 0.0018 dB/km ($\sim 4 \times 10^{-9}$ cm⁻¹) sensitivity.

This accuracy corresponds to the Loss tangent value $< 10^{-7}$ for the diamond plate with ~ 0.5 mm thickness.

The possibilities of the set for atmosphere measurements are: Wide band record of atmosphere absorption with the frequency spacing of ~500 MHz, the measurement of absolute absorption at any fixed frequency by changing of the resonator length.

The set sensitivity to the water content in atmosphere at the measurement in absorption line is 183 GHz is ~1 mg/m³.

III. Results of investigations

The absorption investigation in the series of gold doped silicon and a number of diamond disks for output windows of megawatt gyrotrons are carried out.

It was found out that after high temperature brazing, the disc's planes get the additional number of free charge carriers which leads to the additional absorption. Its value is 30% - 60% of the total absorbed power. This absorption leads both to the overheating of the surfaces and to surface discharges.

The investigations of refractive index and loss tangent of the most popular film materials such as Teflon, Mylar, Polyamide etc are made.

It is found out that the dielectric parameters of these materials differ up to 10% -15% at various producers. The greatest difference in tg δ is noted for Teflon (material with min absorption).

Besides, practically all rolled films have the difference in refractive index along and across the roll, reaching 15 %.

The atmosphere absorption was researched in different combinations of meteorological parameters under the laboratory conditions.

The spectrum in the range of 44-98 GHz is given in Fig.2. Below – there is the error of fitting to the Rosenkrantz shape multiplied by 10.

Fig.3 shows the spectrum in the range of 113-200 GHz. The experimental line is approximated by Van Vleck-Weisskopf curve. The result is presented below.

Comparison shows excellent coincidence (better than 2%) between measured and calculated values of integral intensity. The calculated value of air broadening is 3.985 ± 0.04 MHz/Torr ($T=292.8$ K).

At 140.286 GHz the absolute absorption in atmosphere was measured, (its value was $\approx 0.4301(27)$ dB/km) and compared to the Rosenkrantz semi-empirical program -0.443 dB/km.

The carried out wide band atmosphere investigations give the real estimation of existing model for the calculation of absorption at the extended routes.

IV. Conclusion

The set for investigation of absorption in gas and condensed medium for the range 45-200 GHz is created. The sensitivity of the set is at least one order higher than the world level one. It opens the new opportunities for investigation. The set for the band 200-400 GHz using the same principles has been created.