

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** **2 823 445** (13) **C1**
(51) МПК
G01R 23/14 (2006.01)
G01N 22/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.07.2024)
Пошлина: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 20.02.2025 по 19.02.2026. При
уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 20.02.2026 по 19.08.2026
размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК
G01R 23/14 (2024.01); G01N 22/00 (2024.01)

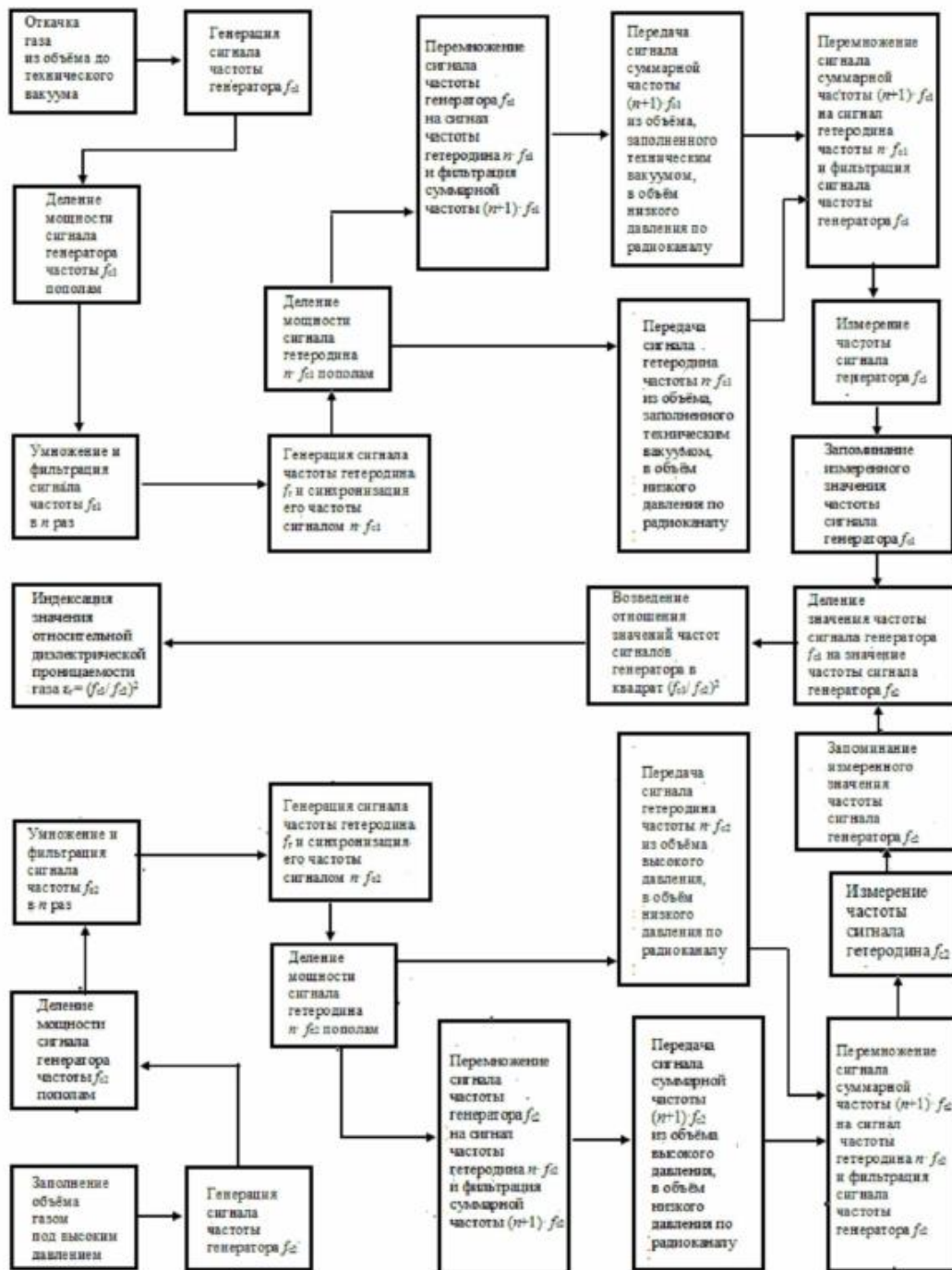
(21)(22) Заявка: [2024104088](#), 19.02.2024
(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.02.2024
Дата регистрации:
23.07.2024
Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 19.02.2024
(45) Опубликовано: [23.07.2024](#) Бюл. № 21
(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: Статья: "Модель измерения
относительной диэлектрической
проницаемости газов на основе
генераторов с короткозамкнутыми
отрезками коаксиальных и полосковых
линий", Ж. Волновая электроника и
инфокоммуникационные системы, г.
Санкт-Петербург, 30 мая - 03 июня, 2022 г.
(стр. 150-155). SU 101968 A1, 01.01.1955. RU
2037811 C1, 19.06.1995. SU 189214 A1,
17.11.1966. RU 2080610 C1, 27.05.1997. US
5389884 A1, 14.02.1995. WO 2016095127 A1,
23.06.2016.
Адрес для переписки:
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая
Морская, 67, лит. А, ФГАОУ ВО СПГУАП,
ЦКНИ

(72) Автор(ы):
Гладкий Николай Александрович (RU),
Кравченко Виктория Викторовна (RU),
Крячко Александр Федотович (RU),
Прусов Андрей Владимирович (RU)
(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
государственный университет
аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Способ измерения зависимости относительной диэлектрической проницаемости газа от
давления и устройство для его осуществления

(57) Реферат:
Изобретение относится к радиотехнике и может использоваться для измерений
относительной диэлектрической проницаемости газов радиоволновым методом в
широком интервале давлений. Задачей изобретения является создание способа и
устройства, позволяющих обеспечить измерение зависимости относительной
диэлектрической проницаемости газа от давления. Техническим результатом,
достигаемым при осуществлении заявляемого способа и устройства, является
получение возможности измерения зависимости относительной диэлектрической

проницаемости газа от давления. 2 н.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг.1

Изобретение относится к радиотехнике и может использоваться для измерений относительной диэлектрической проницаемости газов радиоволновым методом в широком интервале давлений.

Известен способ измерения диэлектрической проницаемости жидкостей и газов при сверхвысоких частотах (Авторское свидетельство СССР № 101968, 1952г.), основанный на генерации сигнала сверхвысокой частоты, помещении сосуда с исследуемой жидкостью или газом на определенном расстоянии от рупорной антенны, присоединённой к генератору СВЧ, закреплении на кварцевой нити маленького металлического кольца (индикатора) таким образом, чтобы его плоскость составляла угол 45° к плоскости раскрыва антенны, поворачивании кольца (индикатора) на угол, зависящий от диэлектрической проницаемости окружающей кольцо среды, определении угла поворота кольца (индикатора) при помощи оптической системы.

Измерение угла поворота индикатора проводится сперва при заполнении сосуда воздухом, а потом газом или жидкостью, диэлектрическая проницаемость которых определяется.

Недостаток этого способа состоит в том, что он не может обеспечить измерение диэлектрической проницаемости газа, заполняющего объём сосуда при высоких давлениях из-за оптической системы, работающей при атмосферном давлении, а также не может работать в более низкочастотном диапазоне длин волн.

Наиболее близким к заявляемому способу является способ измерения зависимости диэлектрической проницаемости газа от давления, принятый за прототип (Кравченко, В.В. Модуль измерения относительной диэлектрической проницаемости газов на основе генераторов с короткозамкнутыми отрезками коаксиальных и полосковых линий / В.В. Кравченко, А.Ф. Крячко, А.В. Прусов // Сб. стат.: в 3 ч. Ч. 2 XXV Междунар. научн. конф. «Волновая электроника и инфокоммуникационные системы» / ГУАП. – СПб. – 2022. – С. 150-156).

Способ заключается в генерации сигнала измерительного генератора частоты f_c , генерации сигнала эталонного генератора частоты f_3 , заполнении измерительного генератора вакуумом, заполнении эталонного генератора вакуумом, передаче сигнала измерительного генератора в объём низкого (атмосферного) давления, измерении частоты эталонного генератора $f_3 = f_0$, измерении частоты измерительного генератора при заполнении его объёма вакуумом $f_{c1} = f_1$, перемножении сигнала эталонного генератора f_0 на сигнал измерительного генератора f_1 при заполнении объёма измерительного генератора вакуумом, фильтрации сигнала разностной частоты $\Delta f_0 = f_1 - f_0$, измерении разностной частоты Δf_0 , заполнении газом объёма измерительного генератора, передаче сигнала измерительного генератора частоты $f_{c2} = f_2$ из объёма, заполненного газом, в объём низкого (атмосферного) давления, перемножении сигнала частоты f_2 на сигнал частоты f_0 , фильтрации сигнала разностной частоты $\Delta f_4 = f_2 - f_0 + \Delta f_0$, измерении разностной частоты Δf_4 , вычислении значения относительной диэлектрической проницаемости газа ϵ_r на основании результатов измерения частот f_0 ; Δf_0 и Δf_4 .

Недостатком описанного способа – прототипа является невозможность измерения относительной диэлектрической проницаемости газа, заполняющего измерительный генератор, при высоком давлении, так как в этом способе отсутствуют операции по выводу сигнала измерительного генератора частоты f_2 из объёма высокого давления в объём низкого (атмосферного) давления.

Известно устройство для измерения диэлектрической проницаемости жидкостей и газов при сверхвысоких частотах (Авторское свидетельство СССР №101968, 1952г.), содержащее сосуд с исследуемой жидкостью или газом, на кварцевой нити закреплено маленькое металлическое кольцо (или другой формы индикатор). Сосуд помещается на определённом расстоянии от рупорной антенны, присоединенной к генератору СВЧ. Индикатор в виде металлического кольца или тонкого провода закреплён на кварцевой нити и помещён в сосуде, заполняемым исследуемой жидкостью или газом и располагаемом в высокочастотном электромагнитном поле, под действием которого указанный индикатор поворачивается на угол, зависящий от диэлектрической проницаемости, окружающей индикатор среды.

Недостатком устройства является невозможность измерения диэлектрической проницаемости газа, заполняющего объём сосуда при высоких давлениях из-за оптической системы, работающей при атмосферном давлении. Ещё один недостаток этого устройства – оно позволяет измерять диэлектрическую проницаемость жидкости или газа только в сантиметровом диапазоне длин волн.

Наиболее близким к заявляемому изобретению является устройство измерения зависимости относительной диэлектрической проницаемости газа от давления, принятое за прототип (Кравченко, В.В. Модель измерения относительной диэлектрической проницаемости газов на основе генераторов с короткозамкнутыми отрезками коаксиальных и полосковых линий / В.В. Кравченко, А.Ф. Крячко, А.В. Прусов // Сб. стат.: в 3 ч. Ч. 2 XXV Междунар. научн. конф. «Волновая электроника и инфокоммуникационные системы» / ГУАП. – СПб. – 2022. С. 150-156).

Устройство прототипа содержит корпус, установленные в нём измерительный и эталонный генераторы, и два частотомера, а также смеситель, фильтр нижних частот и два переключателя. С помощью первого переключателя первый частотомер измеряет частоту эталонного генератора. Также первый переключатель подаёт сигнал эталонного генератора на гетеродинный вход смесителя. С помощью второго переключателя измерительный генератор либо подключается к первому частотомеру, либо к сигнальному входу смесителя, выход смесителя подключён к фильтру нижних частот и далее к второму частотомеру.

Недостатком устройства является невозможность измерения относительной диэлектрической проницаемости газа, заполняющего измерительный генератор, при высоком давлении.

Задачей изобретения является создание способа и устройства, позволяющих обеспечить измерение зависимости относительной диэлектрической проницаемости газа от давления.

Техническим результатом, достигаемым при осуществлении заявляемого способа и устройства, является получение возможности измерения зависимости относительной диэлектрической проницаемости газа от давления.

Технический результат (в способе), достигается в откачке газа из объёма до технического вакуума, генерации сигнала частоты генератора f_{c1} , измерении частоты генератора f_{c1} , заполнении объёма газом под высоким давлением, генерации сигнала частоты генератора f_{c2} , измерении частоты генератора f_{c2} и вычислении значения относительной диэлектрической проницаемости газа ϵ_r по измеренным значениям частот сигналов, после откачки газа до технического вакуума делят мощность сигнала генератора частоты f_{c1} пополам, одну половину мощности сигнала частоты генератора f_{c1} умножают в n раз, фильтруют сигнал частоты $n \cdot f_{c1}$, генерируют сигнал частоты гетеродина f_{T1} , где f_{T1} равна или близка к частоте $n \cdot f_{c1}$, синхронизируют сигнал частоты гетеродина f_{T1} сигналом частоты $n \cdot f_{c1}$, делят мощность сигнала гетеродина пополам, сигнал одной половины мощности гетеродина частотой $n \cdot f_{c1}$ перемножают с сигналом другой половины мощности частоты генератора f_{c1} , фильтруют сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c1}$, передают сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c1}$ из объёма, заполненного техническим вакуумом, в объём низкого давления по радиоканалу, другую половину мощности сигнала гетеродина частотой $n \cdot f_{c1}$ передают из объёма, заполненного техническим вакуумом, в объём низкого давления по радиоканалу, перемножают сигнал гетеродина частоты $n \cdot f_{c1}$ на сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c1}$, фильтруют сигнал частоты генератора f_{c1} и измеряют частоту сигнала генератора f_{c1} , запоминают измеренное значение частоты сигнала генератора f_{c1} , заполняют объём газом под высоким давлением, генерируют сигнал частоты генератора f_{c2} , делят мощность сигнала генератора частоты f_{c2} пополам, одну половину мощности сигнала частоты генератора f_{c2} умножают в n раз, фильтруют сигнал частоты $n \cdot f_{c2}$, генерируют сигнал частоты гетеродина f_{T2} , где f_{T2} равна или близка к частоте $n \cdot f_{c2}$, синхронизируют сигнал частоты гетеродина f_{T2} сигналом частоты $n \cdot f_{c2}$, делят мощность сигнала гетеродина пополам, сигнал одной половины мощности гетеродина частотой $n \cdot f_{c2}$ перемножают с сигналом другой половины мощности частоты генератора f_{c2} , фильтруют сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c2}$, передают сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c2}$ из объёма, заполненного газом под высоким давлением, в объём низкого давления по радиоканалу, другую половину мощности сигнала гетеродина частотой $n \cdot f_{c2}$ передают из объёма, заполненного газом под высоким давлением, в объём низкого давления по радиоканалу, перемножают сигнал гетеродина частоты $n \cdot f_{c2}$ на сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c2}$, фильтруют сигнал частоты генератора f_{c2} и измеряют частоту сигнала генератора f_{c2} , запоминают измеренное значение частоты генератора f_{c2} , делят значение частоты сигнала генератора f_{c1} на значение частоты сигнала генератора f_{c2} , возводят отношение значений частот сигналов генератора в квадрат $(f_{c1}/f_{c2})^2$, производят индексацию значения относительной диэлектрической проницаемости газа $\epsilon_r = (f_{c1}/f_{c2})^2$.

Технический результат достигается за счёт новой последовательности операций над сигналами.

Из молекулярной физики известно, что газы являются диэлектриками, которые характеризуются значениями относительной диэлектрической проницаемости газа ϵ_r . Величина ϵ_r зависит от давления газа.

При заполнении частото задающего коаксиального резонатора транзисторного генератора фиксированной длины вакуумом, у которого $\epsilon_r = 1$, частота генератора будет иметь значение f_{c1} . Если заполнить частото задающий коаксиальный резонатор транзисторного генератора фиксированной длины измеряемым газом под высоким

давлением, то частота генератора будет иметь значение $f_{c2} = f_{c1} / \sqrt{\epsilon_T(p)}$, где $\epsilon_T(p)$ – значение относительной диэлектрической проницаемости газа при заданном значении давления p .

Отсюда видно, что $\epsilon_T(p) = (f_{c1} / f_{c2})^2$, то есть измеряя частоту генератора f_{c1} при заполнении его частото задающего коаксиального резонатора вакуумом, и частоту генератора f_{c2} при заполнении его частото задающего коаксиального резонатора той же самой длины газом под высоким давлением, можно получить зависимость относительной диэлектрической проницаемости газа от его давления.

Технический результат (в устройстве) достигается тем, что устройство измерения зависимости относительной диэлектрической проницаемости газа от давления содержит корпус, установленный в нём генератор, а также частотомер, блок откачки газа до технического вакуума с контролем давления, выход которого соединён трубопроводом с первым входом блока управления газовыми кранами, а его выход соединён трубопроводом с внутренним объёмом корпуса, установленные в корпусе последовательно включённые первый делитель мощности, умножитель частоты, первый полосно-пропускающий фильтр, гетеродин, второй делитель мощности, первый смеситель, второй полосно-пропускающий фильтр, первая передающая рупорная антенна, первая приёмная рупорная антенна, установленные в первое герметичное диэлектрическое окно, а также второе герметичное диэлектрическое окно с установленными в него второй приёмной рупорной антенной и второй передающей рупорной антенной, второй смеситель, третий полосно-пропускающий фильтр, вход которого соединён с выходом второго смесителя, а выход соединён с входом частотомера, причём второй выход первого делителя мощности соединён со вторым входом первого смесителя, а второй выход второго делителя мощности соединён с второй передающей рупорной антенной, вторая приёмная рупорная антенна соединена со вторым входом второго смесителя, а первая приёмная рупорная антенна соединена с первым входом второго смесителя, выход генератора соединён со входом первого делителя мощности, а герметичные диэлектрические окна расположены в корпусе, а также блок коммутации регистров памяти, вход которого соединён с выходом частотомера, первый регистр памяти и второй регистр памяти, блок деления чисел и возведения в квадрат и индикаторный блок, соединённый с выходом блока деления чисел и возведения в квадрат, первый вход которого соединён с выходом первого регистра памяти, а второй вход которого – с выходом второго регистра памяти, входы которых соединены с первым выходом и вторым выходом блока коммутации регистров памяти соответственно, и блок заполнения объёма газом с контролем давления, выход которого соединён трубопроводом со вторым входом блока управления газовыми кранами.

Как уже было показано выше, $\epsilon_T(p) = (f_{c1} / f_{c2})^2$, поэтому генератор размещается в корпусе и генерирует частоту f_{c1} при заполнении корпуса вакуумом, а при заполнении корпуса газом под высоким давлением генератор генерирует частоту f_{c2} . Вывод частоты генератора f_{c1} и f_{c2} из объёма корпуса и определение зависимости $\epsilon_T(p)$ осуществляется при достижении технического результата введением новых блоков и связей между ними. Новая конструкция устройства позволяет измерить зависимость относительной диэлектрической проницаемости газа от давления.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 приведена схема последовательности операций, реализуемых заявляемым способом.

Способ измерения зависимости относительной диэлектрической проницаемости газа от давления осуществляется следующим образом: откачивают газ из объёма до технического вакуума, генератор генерирует сигнал частоты f_{c1} , делят мощность сигнала генератора частоты f_{c1} пополам, умножают и фильтруют сигнал частоты f_{c1} в n раз, гетеродин генерирует сигнал частоты f_{T1} , этот сигнал затягивают и синхронизируют сигналом частоты $n \cdot f_{c1}$, получают сигнал гетеродина частотой $f_{T1} = n \cdot f_{c1}$, делят мощность сигнала гетеродина частоты $n \cdot f_{c1}$ пополам, перемножают сигнал частоты генератора f_{c1} на сигнал частоты гетеродина $n \cdot f_{c1}$ и фильтруют сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c1}$, передают сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c1}$ из объёма, заполненного техническим вакуумом, в объём низкого (атмосферного) давления по радиоканалу, передают сигнал гетеродина частоты $n \cdot f_{c1}$ из объёма, заполненного техническим вакуумом, в объём низкого (атмосферного) давления по радиоканалу, перемножают сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c1}$ на сигнал гетеродина частоты $n \cdot f_{c1}$ и фильтруют сигнал частоты генератора f_{c1} , измеряют частоту сигнала

генератора f_{c1} , запоминают измеренное значение частоты сигнала генератора f_{c1} , заполняют объём газом под высоким давлением, генератор генерирует сигнал частоты f_{c2} , делят мощность сигнала генератора частоты f_{c2} пополам, умножают и фильтруют сигнал частоты f_{c2} в n раз, гетеродин генерирует сигнал частоты f_{r2} , этот сигнал затягивают и синхронизируют сигналом частоты $n \cdot f_{c2}$, получают сигнал гетеродина частотой $f_{r2} = n \cdot f_{c2}$, делят мощность сигнала гетеродина частоты $n \cdot f_{c2}$ пополам, перемножают сигнал частоты генератора f_{c2} на сигнал частоты гетеродина $n \cdot f_{c2}$ и фильтруют сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c2}$, передают сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c2}$ из объёма высокого давления в объём низкого (атмосферного) давления по радиоканалу, передают сигнал гетеродина частоты $n \cdot f_{c2}$ из объёма высокого давления в объём низкого (атмосферного) давления по радиоканалу, перемножают сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c2}$ на сигнал гетеродина частоты $n \cdot f_{c2}$ и фильтруют сигнал частоты генератора f_{c2} , измеряют частоту сигнала генератора f_{c2} , запоминают измеренное значение частоты сигнала генератора f_{c2} , делят значение частоты генератора f_{c1} на значение частоты сигнала генератора f_{c2} , возводят отношение значений частот сигналов генератора в квадрат $(f_{c1}/f_{c2})^2$, производят индикацию значения относительной диэлектрической проницаемости газа $\epsilon_r = (f_{c1}/f_{c2})^2$.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 2 приведена схема электрическая структурная заявленного устройства и введены следующие обозначения:

- 1 - корпус;
- 2 - генератор;
- 3 - частотомер;
- 4 - блок откачки газа до технического вакуума с контролем давления;
- 5 - блок управления газовыми кранами;
- 6 - первый делитель мощности;
- 7 - умножитель частоты;
- 8 - первый полосно-пропускающий фильтр;
- 9 - гетеродин;
- 10 - второй делитель мощности;
- 11 - первый смеситель;
- 12 - второй полосно-пропускающий фильтр;
- 13 - первая передающая рупорная антенна;
- 14 - первая приёмная рупорная антенна;
- 15 - первое герметичное диэлектрическое окно;
- 16 - второе герметичное диэлектрическое окно;
- 17 - вторая приёмная рупорная антенна;
- 18 - вторая передающая рупорная антенна;
- 19 - второй смеситель;
- 20 - третий полосно-пропускающий фильтр;
- 21 - устройство коммутации регистров памяти;
- 22 - первый регистр памяти;
- 23 - второй регистр памяти;
- 24 - устройство деления чисел и возведения в квадрат;
- 25 - индикаторное устройство;
- 26 - устройство заполнения объёма газом с контролем давления.

Устройство содержит корпус 1, заполняемый либо техническим вакуумом, либо газом под высоким давлением, в котором установлен генератор 2, а также частотомер 3, расположенный в объёме низкого (атмосферного) давления, устройство откачки газа до технического вакуума с контролем давления 4, устройство управления газовыми кранами 5, выход которого соединён трубопроводом с внутренним объёмом корпуса 1, а его первый вход соединён трубопроводом с выходом устройства откачки газа до технического вакуума с контролем давления 4, установленные в корпусе 1 последовательно включённые первый делитель мощности 6, умножитель частоты 7, первый полосно-пропускающий фильтр 8, гетеродин 9, второй делитель мощности 10, первый смеситель 11, второй полосно-пропускающий фильтр 12, первую передающую рупорную антенну 13, первую приёмную рупорную антенну 14, установленные в первое герметичное диэлектрическое окно 15, а также второе герметичное диэлектрическое окно 16 с установленными в него второй приёмной рупорной антенной 17 и второй передающей рупорной антенной 18, второй смеситель

19, третий полосно-пропускающий фильтр 20, вход которого соединён с выходом второго смесителя 19, а выход соединён с входом частотомера 3, причём второй выход первого делителя мощности 6 соединён со вторым входом первого смесителя 11, а второй выход второго делителя мощности 10 соединён с второй передающей рупорной антенной 18, вторая приёмная рупорная антенна 17 соединена со вторым входом второго смесителя 19, выход генератора 2 соединён со входом первого делителя мощности 6, а герметичные диэлектрические окна 15 и 16 расположены в корпусе 1, а также устройство коммутации регистров памяти 21, вход которого соединён с выходом частотомера 3, первый регистр памяти 22 и второй регистр памяти 23, устройство деления чисел и возведения в квадрат 24 и индикаторное устройство 25, вход которого с выходом устройства деления чисел и возведения в квадрат 24, первый вход которого соединён с выходом первого регистра памяти 22, а второй вход которого – с выходом второго регистра памяти 23, входы первого и второго регистров памяти 22 и 23 соединены с первым выходом и вторым выходом устройства коммутации регистров памяти 21 соответственно, и устройство заполнения объёма газом с контролем давления 26, выход которого соединён трубопроводом с вторым входом устройства управления газовыми кранами 5.

Генератор 2 содержит коаксиальный резонатор, заполненный или техническим вакуумом, или измеряемым газом [1]. Умножитель частоты 7, первый полосно-пропускающий фильтр 8, второй полосно-пропускающий фильтр 12, первый смеситель 11 и второй смеситель 19, третий полосно-пропускающий фильтр 20 выполнены на несимметричных полосковых линиях [2].

В качестве частотомера 3 может использоваться электронно-счётный частотомер, измеряющий частоты до 3000 МГц.

Устройство работает следующим образом. В начале измерений из корпуса 1 по трубопроводу, который соединяет внутренний объём корпуса 1 и выход устройства управления газовыми кранами 5, и по трубопроводу, соединяющему первый вход устройства управления газовыми кранами 5 и выход устройства откачки газа до технического вакуума с контролем давления 4, откачивается газ до технического вакуума с помощью вышеуказанных устройств 4 и 5.

После этого генератор 2 генерирует сигнал частотой f_{c1} , который поступает на первый делитель мощности 6. Мощность этого сигнала делится пополам между первым и вторым выходами первого делителя мощности 6. Первая половина мощности сигнала генератора 2 частоты f_{c1} поступает на умножитель частоты 7, умножается в n раз, где n порядка 10, и фильтруется первым полосно-пропускающим фильтром 8. Гетеродин 9 генерирует сигнал частоты $f_{г1}$, близкий по частоте к $n \cdot f_{c1}$, и при подаче на него сигнала частоты $n \cdot f_{c1}$ с выхода первого полосно-пропускающего фильтра 8 переходит в режим затягивания частоты и синхронизируется так, что его частота $f_{г1}$ становится равной $n \cdot f_{c1}$, то есть $f_{г1} = n \cdot f_{c1}$. Сигнал этой частоты подаётся на вход второго делителя мощности 10, делится им по мощности пополам. С первого выхода второго делителя мощности 10 сигнал частоты $n \cdot f_{c1}$ подаётся на первый вход первого смесителя 11, на второй вход которого поступает сигнал со второго выхода первого делителя мощности 6. С выхода первого смесителя 11 сигналы комбинационных частот поступают на второй полосно-пропускающий фильтр 12, на выходе которого образуется сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c1}$. Сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c1}$ подаётся на первую передающую рупорную антенну 13 и по радиоканалу поступает через первое герметичное диэлектрическое окно 15 в первую приёмную рупорную антенну 14 и далее на первый вход второго смесителя 19. Со второго выхода второго делителя мощности 10 сигнал частоты $n \cdot f_{c1}$ подаётся во вторую передающую рупорную антенну 18 и по радиоканалу поступает через второе герметичное диэлектрическое окно 16 во вторую приёмную рупорную антенну 17, с которой сигнал частоты $n \cdot f_{c1}$ подаётся на второй вход второго смесителя 19, после перемножения сигнала суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c1}$ на сигнал частоты $n \cdot f_{c1}$ смесителем 19 комбинационные частоты фильтруются третьим полосно-пропускающим фильтром 20, на выходе которого образуется сигнал частоты генератора f_{c1} . Этот сигнал частоты генератора f_{c1} измеряется частотомером 3 и поступает в устройство коммутации регистров памяти 21, который записывает значение частоты f_{c1} в первый регистр памяти 22.

После этого с помощью устройства управления газовыми кранами 5 и устройства заполнения объёма газом с контролем давления 26 по трубопроводам корпус 1 заполняется газом с требуемым высоким давлением. Генератор 2 генерирует сигнал

частотой f_{c2} , который поступает на первый делитель мощности 6. Мощность этого сигнала делится пополам между первым и вторым выходами первого делителя мощности 6. Первая половина мощности сигнала генератора частоты f_{c2} поступает на умножитель частоты 7, умножается в n раз, где n порядка 10, и фильтруется первым полосно-пропускающим фильтром 8. Гетеродин 9 генерирует сигнал частоты $f_{г2}$, близкий по частоте к $n \cdot f_{c2}$, и при подаче на него сигнала частоты $n \cdot f_{c2}$ с выхода первого полосно-пропускающего фильтра 8 переходит в режим затягивания частоты и синхронизируется так, что частота $f_{г2}$ становится равной $n \cdot f_{c2}$, то есть $f_{г2} = n \cdot f_{c2}$. Сигнал этой частоты подаётся на вход второго делителя мощности 10, делится им по мощности пополам. С первого выхода второго делителя мощности 10 сигнал частоты $n \cdot f_{c2}$ подаётся на первый вход первого смесителя 11, на второй вход которого поступает сигнал со второго выхода первого делителя мощности 6. С выхода первого смесителя 11 сигналы комбинационных частот поступают на второй полосно-пропускающий фильтр 12, на выходе которого образуется сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c2}$.

Сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c2}$ подаётся на первую передающую рупорную антенну 13 и по радиоканалу поступает через первое герметичное диэлектрическое окно 15 в первую приёмную рупорную антенну 14 и далее на первый вход второго смесителя 19. Со второго выхода второго делителя мощности 10 сигнал частоты $n \cdot f_{c2}$ подаётся во вторую передающую рупорную антенну 18 и по радиоканалу поступает через второе герметичное диэлектрическое окно 16 во вторую приёмную рупорную антенну 17, с которой сигнал частоты $n \cdot f_{c2}$ подаётся на второй вход второго смесителя 19, после перемножения сигнала суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c2}$ на сигнал частоты $n \cdot f_{c2}$ смесителем 19 комбинационные частоты фильтруются третьим полосно-пропускающим фильтром 20, на выходе которого образуется сигнал частоты генератора f_{c2} . Этот сигнал частоты генератора f_{c2} измеряется частотомером 3 и поступает в устройство коммутации регистров памяти 21, которое записывает значение частоты f_{c2} во второй регистр памяти 23.

После этого на первый вход и второй вход устройства деления чисел и возведения в квадрат 24 подаются из первого и второго регистров памяти 22 и 23 значения частот f_{c1} и f_{c2} соответственно. Устройство деления чисел и возведения в квадрат 24 на выходе получает квадрат отношения значений частот, то есть $(f_{c1}/f_{c2})^2$ и осуществляет запись этого выражения в индикаторный блок 25. На его выходе получается измеренное значение относительной диэлектрической проницаемости газа $\epsilon_r = (f_{c1}/f_{c2})^2$ в зависимости от высокого давления в объёме корпуса 1, определяемого по устройству заполнения объёма газом с контролем давления 26.

На основании вышеизложенного и по сравнению с прототипами предлагаемые способ и устройство позволяют достигнуть технического результата, а именно: измерить зависимость относительной диэлектрической проницаемости газа от давления.

Использованные источники информации

1. Транзисторные радиопередатчики. В.И. Каганов. М.: «Энергия», 1970г.
2. Справочник по расчёту и конструированию СВЧ полосковых устройств / Бахарев С.Н., Вольман В.И., Либ Ю.Н. и др.; Под ред. В.И. Вольмана. – М.: «Радио и связь», 1982г.

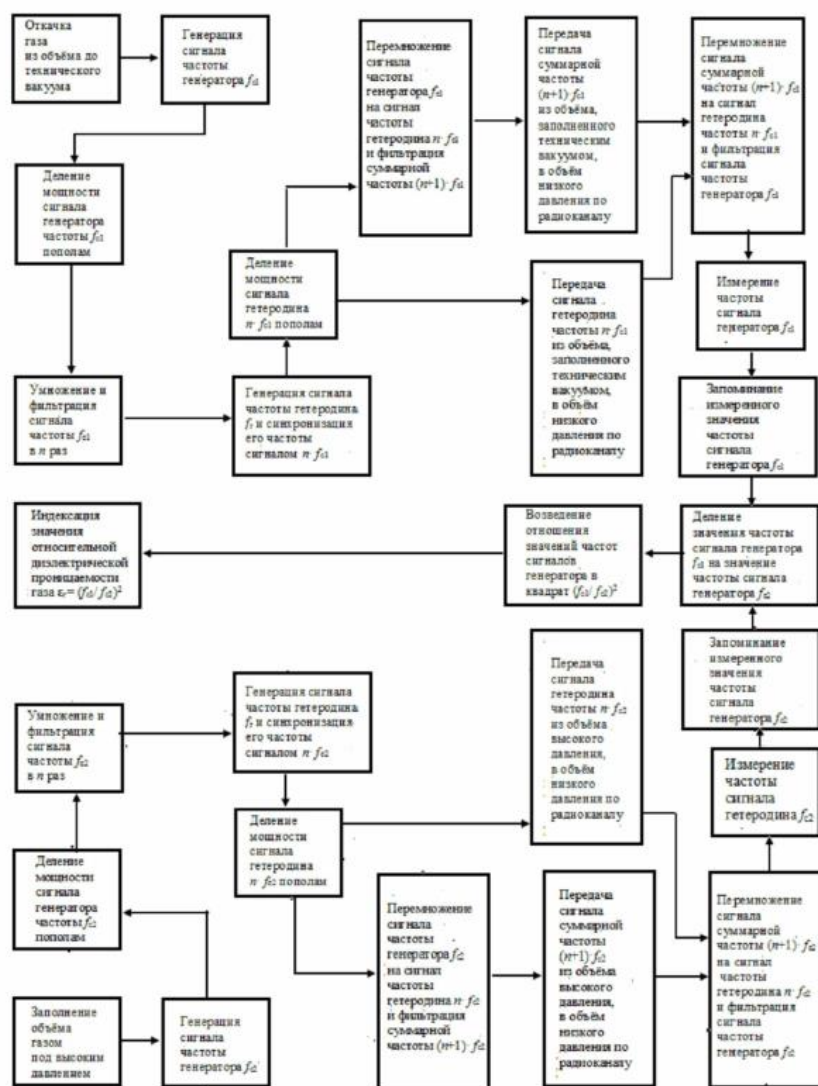
Формула изобретения

1. Способ измерения зависимости относительной диэлектрической проницаемости газа от давления, заключающийся в откачке газа из объёма до технического вакуума, генерации сигнала частоты генератора f_{c1} , измерении частоты генератора f_{c1} , заполнении объёма газом под высоким давлением, генерации сигнала частоты генератора f_{c2} , измерении частоты генератора f_{c2} и вычислении значения относительной диэлектрической проницаемости газа ϵ_r по измеренным значениям частот сигналов, отличающийся тем, что после откачки газа из объёма до технического вакуума делят мощность сигнала генератора частоты f_{c1} пополам, одну половину мощности сигнала частоты генератора f_{c1} умножают в n раз, фильтруют сигнал частоты $n \cdot f_{c1}$, генерируют сигнал частоты гетеродина $f_{г1}$, где $f_{г1}$ равна или близка к частоте $n \cdot f_{c1}$, синхронизируют сигнал частоты гетеродина $f_{г1}$ сигналом

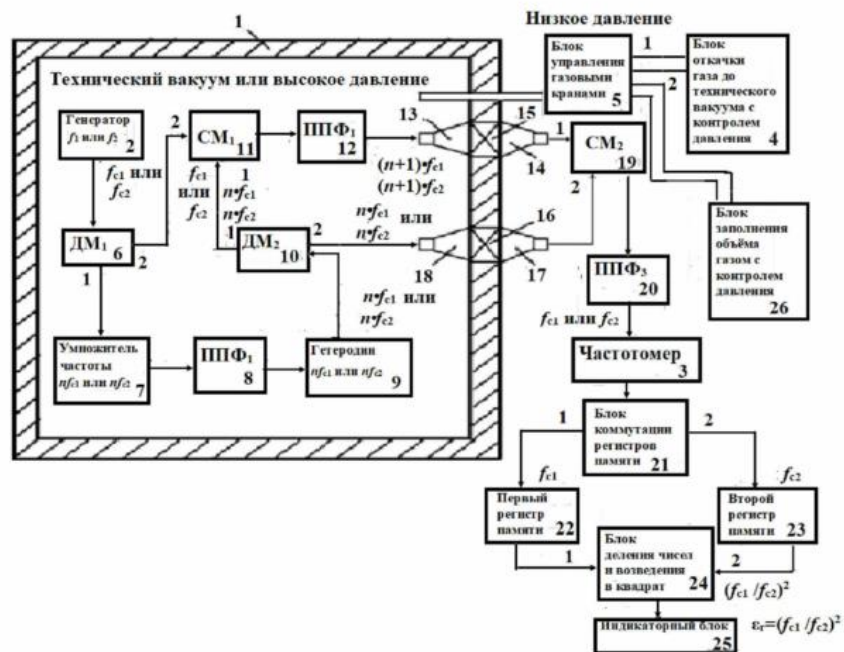
частоты $n \cdot f_{c1}$, делят мощность сигнала гетеродина пополам, сигнал одной половины мощности гетеродина частотой $n \cdot f_{c1}$ перемножают с сигналом другой половины мощности частоты генератора f_{c1} , фильтруют сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c1}$, передают сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c1}$ из объема, заполненного техническим вакуумом, в объем низкого давления по радиоканалу, другую половину мощности сигнала гетеродина частотой $n \cdot f_{c1}$ передают из объема, заполненного техническим вакуумом, в объем низкого давления по радиоканалу, перемножают сигнал гетеродина частоты $n \cdot f_{c1}$ на сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c1}$, фильтруют сигнал частоты генератора f_{c1} и измеряют частоту сигнала генератора f_{c1} , запоминают измеренное значение частоты сигнала генератора f_{c1} , заполняют объем газом под высоким давлением, генерируют сигнал частоты генератора f_{c2} , делят мощность сигнала генератора частоты f_{c2} пополам, одну половину мощности сигнала частоты генератора f_{c2} умножают в n раз, фильтруют сигнал частоты $n \cdot f_{c2}$, генерируют сигнал частоты гетеродина $f_{г2}$, где $f_{г2}$ равна или близка к частоте $n \cdot f_{c2}$, синхронизируют сигнал частоты гетеродина $f_{г2}$ сигналом частоты $n \cdot f_{c2}$, делят мощность сигнала гетеродина пополам, сигнал одной половины мощности гетеродина частотой $n \cdot f_{c2}$ перемножают с сигналом другой половины мощности частоты генератора f_{c2} , фильтруют сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c2}$, передают сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c2}$ из объема, заполненного газом под высоким давлением, в объем низкого давления по радиоканалу, другую половину мощности сигнала гетеродина частотой $n \cdot f_{c2}$ передают из объема, заполненного газом под высоким давлением, в объем низкого давления по радиоканалу, перемножают сигнал гетеродина частоты $n \cdot f_{c2}$ на сигнал суммарной частоты $(n+1) \cdot f_{c2}$, фильтруют сигнал частоты генератора f_{c2} и измеряют частоту сигнала генератора f_{c2} , запоминают измеренное значение частоты генератора f_{c2} , делят значение частоты сигнала генератора f_{c1} на значение частоты сигнала генератора f_{c2} , возводят отношение значений частот сигналов генератора в квадрат $(f_{c1}/f_{c2})^2$, производят индексацию значения относительной диэлектрической проницаемости газа $\epsilon_r = (f_{c1}/f_{c2})^2$.

2. Устройство измерения зависимости относительной диэлектрической проницаемости газа от давления для осуществления способа по п.1, содержащее корпус, установленный в нём генератор, а также частотомер, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит блок откачки газа до технического вакуума с контролем давления, блок управления газовыми кранами, выход которого соединён трубопроводом с внутренним объёмом корпуса, а его первый вход соединён трубопроводом с выходом блока откачки газа до технического вакуума с контролем давления, установленные в корпусе последовательно соединенные первый делитель мощности, умножитель частоты, первый полосно-пропускающий фильтр, гетеродин, второй делитель мощности, первый смеситель, второй полосно-пропускающий фильтр, при этом первая передающая рупорная антенна и первая приёмная рупорная антенна, установленные в первое герметичное диэлектрическое окно, а также второе герметичное диэлектрическое окно с установленными в нем второй приёмной рупорной антенной и второй передающей рупорной антенной, второй смеситель, третий полосно-пропускающий фильтр, вход которого соединён с выходом второго смесителя, а выход соединён с входом частотомера, причём второй выход первого делителя мощности соединён со вторым входом первого смесителя, а второй выход второго делителя мощности соединён с второй передающей рупорной антенной, вторая приёмная рупорная антенна соединена со вторым входом второго смесителя, а первая приёмная рупорная антенна соединена с первым входом второго смесителя, выход генератора соединён со входом первого делителя мощности, а герметичные диэлектрические окна расположены в корпусе, а также блок коммутации регистров памяти, вход которого соединён с выходом частотомера, первый регистр памяти и второй регистр памяти, блок деления чисел и возведения в квадрат и индикаторный блок, вход которого соединён с выходом блока деления чисел и возведения в квадрат, первый вход которого соединён с выходом первого регистра памяти, а второй вход – с выходом второго регистра памяти, входы первого и второго регистров памяти соединены с первым и вторым выходом блока коммутации регистров памяти соответственно, и блок заполнения объема газом с контролем давления, выход

которого соединён трубопроводом с вторым входом блока управления газовыми кранами.



Фиг. 1



Фиг. 2