

позволяет довольно сильно влиять на линейные характеристики генерируемой РЭП поверхностной волны.

Авторы выражают благодарность А. А. Рухадзе за полезные обсуждения результатов работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Канер Э. А., Яковенко В. М. УФН, 1975, 115, с. 41. [2] Иванов С. Т. и др. ФТТ, 1976, 18, с. 1614. [3] Богданкевич Л. С., Кузелев М. В., Рухадзе А. А. УФН, 1981, 133, с. 3.

Поступила в редакцию
30.07.81

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1982, Т. 23, № 4

УДК 621.385.633

ОСОБЕННОСТИ В РЕЖИМАХ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДЕТЕКТОРА ДВУХМИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА С ОТКРЫТОЙ РЕЗОНАНСНОЙ СИСТЕМОЙ С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ

Д. Г. Афонин, А. И. Костиенко

(кафедра радиофизики СВЧ)

К настоящему времени известно несколько типов электронных детекторов с виртуальным катодом [1—3], обладающих рядом преимуществ перед детекторами полупроводниковыми. Такие электронные детекторы имеют устойчивые характеристики, не боятся механических и

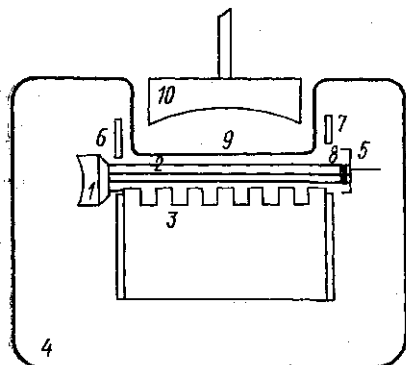


Рис. 1. Схематическое изображение электронного детектора

электрических перегрузок. Взаимодействие электронного пучка с электромагнитным полем в этих детекторах осуществлялось либо в объемном резонаторе отражательного клистрона [1], либо в замедляющих структурах ЛВВ [2] или ЛОВ [3]. С укорочением длины волны размеры закрытых объемных резонансных систем и волнопередающих трактов уменьшаются. Изготовление таких систем для миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов встречает серьезные трудности. Эти трудности устраняются, если использовать в качестве систем взаимодействия открытые резонансные системы, размеры которых могут значи-

тельно превосходить рабочую длину волны.

На рис. 1 показано схематическое изображение электронного детектора с открытой резонансной системой, имеющей периодическую структуру, и виртуальным катодом — нелинейным элементом, который осуществляет детектирование. Макет такого детектора был рассчитан и изготовлен для работы в двухмиллиметровом диапазоне длин волн. Электронная пушка (1) формирует ленточный электронный пучок (2) сечением $0,3 \times 7 \text{ мм}^2$, который проходит вблизи плоского зеркала (3), полностью покрытого периодической структурой и находящегося в стеклянном вакуумированном баллоне (4), попадая далее на коллектор (5). На ускоряющую (6) и приколлекторную (7) диафрагмы, имеющие отверстия в виде прямоугольников с размерами соответственно $0,5 \times 8 \text{ мм}^2$

и $0,7 \times 9 \text{ мм}^2$, подается напряжение, варьируемое в широких пределах. Подбором напряжения на коллекторе, который выполнен в форме прямоугольного параллелепипеда с входным отверстием $1 \times 10 \text{ мм}^2$ и глубиной 6 мм, в приколлекторном промежутке создается виртуальный катод (8). Плоское зеркало с периодической структурой — отражающей решеткой прямоугольного профиля с периодом 0,21 мм, шириной канавки 0,1 мм и глубиной канавки 0,5 мм — находится в непосредственной близости от стеклянного окна (9) баллона. Два отражателя — плоское зеркало (3) и отражатель (10) (либо сферическое зеркало, либо облучающая рупорная антенна), размещенный вне вакуума перед

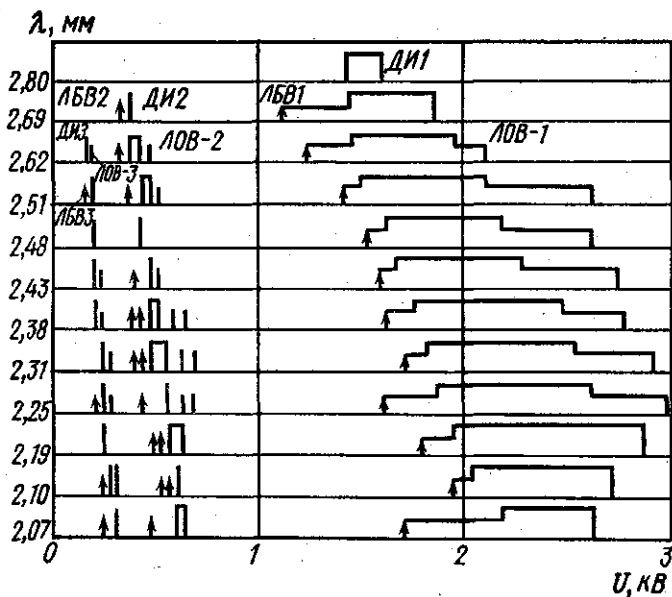


Рис. 2. Режимы работы электронного детектора с открытым резонатором с периодической структурой

стеклянным окном баллона, — образуют открытую резонансную систему. При возбуждении системы электронный пучок взаимодействует с пространственными гармониками, формирующимися вблизи периодической структуры. Виртуальный катод реагирует на возмущения, вносимые в электронный пучок электромагнитным полем, изменением тока коллектора, который и является детекторным током. Для фокусировки электронного пучка макет помещен в постоянное магнитное поле. В качестве источника электромагнитных волн использовалась лампа обратной волны, генерирующая излучение в диапазоне длин волн $\lambda = 2,07 - 2,80 \text{ мм}$. Титановый насос поддерживал вакуум на уровне $10^{-6} - 10^{-7} \text{ мм рт. ст.}$

Когда в качестве второго отражателя применяется облучающая антенна-рупор, система взаимодействия представляет собой малодобротную открытую резонансную систему, а при использовании сферического зеркала — полусферический открытый резонатор.

На рис. 2 представлены режимы работы электронного детектора с открытым резонатором с периодической структурой при фиксированных длинах волн детектируемых сигналов и различных напряжениях

на периодической структуре. Вторым отражателем в резонаторе этого детектора служило сферическое зеркало (диаметр 22 мм и радиус кривизны 30 мм); связь резонатора с внешним трактом осуществлялась через прямоугольное отверстие в центре сферического зеркала.

Вертикальными линиями на рис. 2 отмечены напряжения, соответствующие интервалам, меньшим 20 В, в которых имело место детектирование. Интервалы напряжений, в пределах которых детектирование возможно при непрерывном изменении напряжения на периодической структуре в полосе свыше 20 В, изображены в виде прямоугольников; дифракционный (ДИ) режим [4] отмечен более высокими вертикальными линиями; режим ЛБВ обозначен линиями со стрелками.

Как видно из рис. 2, прибор детектировал сигналы в интервале длин волн $\lambda=2,07-2,80$ мм, работая при этом в режимах ЛОВ, ЛБВ, дифракционном. В длинноволновом участке диапазона ($\lambda=2,80$ мм) детектирование сигналов осуществлялось при работе детектора лишь в режиме ДИ на первой пространственной гармонике. При укорочении длины волны сигнала ($\lambda=2,69$ мм) детектор работал также в режиме ДИ на второй гармонике и в режиме ЛБВ на первых двух гармониках; при $\lambda=2,62$ мм появлялась возможность осуществлять детектирование в режимах ЛОВ, ЛБВ и ДИ на высших пространственных гармониках (для наглядности на рисунке приведены лишь режимы работы на трех гармониках). Работа детектора в режимах ЛОВ и ЛБВ обусловлена возникновением замедленных поверхностных волн вблизи плоскости периодической структуры; при этом важными являлись трудноучитываемые условия резонанса для этих волн в промежутке ускоряющая (6) — приколлекторная (7) диафрагмы и связь поля поверхностных волн и поля в объеме открытой резонансной системы. Так, в длинноволновой ($\lambda=2,80$ и 2,69 мм) и коротковолновой ($\lambda=2,07$; 2,10 и 2,19 мм) областях диапазона не соблюдались условия оптимального возбуждения обратных пространственных гармоник, и, как видно из рисунка, в этих областях детектор не работал в режиме ЛОВ. По этим же причинам не зафиксированы некоторые режимы работы детектора на высших гармониках.

При фиксированных длинах волн и при работе на основных гармониках режимов ЛОВ, ЛБВ и ДИ детектирование осуществлялось в широких интервалах напряжений на периодической структуре; так, при длине волны сигнала $\lambda=2,25$ мм детектирование осуществлялось в интервале напряжений 1600—3000 В. При фиксированном же напряжении на структуре, превышающем 1950 В, детектирование сигналов различных длин волн (при $\lambda>2,19$ мм) производилось как в ДИ-режиме на первой гармонике, так и на основных гармониках режимов ЛБВ и ЛОВ.

Из-за различных условий возбуждения периодической структуры в разных режимах амплитуды пространственных гармоник могли существенно различаться, что приводило к значительному изменению величины токовой чувствительности детектора при переходе с одного режима работы на другой. Наибольшей токовой чувствительностью электронный детектор обладал при работе в ДИ-режиме на первой и второй пространственных гармониках. Рис. 3 иллюстрирует изменение величины токовой чувствительности в рабочем диапазоне детектора с открытым резонатором (кривые 1, 2) и с низкодобротной открытой системой (кривые 3, 4). Приведенные результаты получены при работе прибора в оптимальных условиях в ДИ-режиме на первой (кривые 1, 3) и второй (кривые 2, 4) пространственных гармониках и детектировании сигналов с постоянным (1 мВт) уровнем мощности. Как видно из

рисунка, токовая чувствительность достигала величины 10^{-2} А/Вт для прибора с низкодобротной системой и величины $1,4 \cdot 10^{-2}$ А/Вт для детектора с открытым резонатором. При работе прибора в режимах ЛОВ и ЛБВ, а также на более высоких пространственных гармониках ДИ-режима токовая чувствительность уменьшалась. Так, для детектора с низкодобротной системой в ДИ-режиме на 2-й гармонике токовая чувствительность составляла $3 \cdot 10^{-3}$ А/Вт, а на основных гармониках режимов ЛОВ и ЛБВ достигала лишь значений $(5 \div 7) \cdot 10^{-4}$ А/Вт.

Проведенные исследования показали, что возможны режимы работы электронного детектора на гармониках вплоть до десятой, и в ряде случаев такие режимы работы детектора, несмотря на уменьшение токовой чувствительности, могут оказаться более предпочтительными ввиду значительного снижения напряжения, необходимого для ускорения электронного пучка. Так, если при работе на основной гармонике ДИ-режима необходимое ускоряющее напряжение составляло 1500—3000 В, то на 10-й гармонике этого же режима оно снижается до 15—30 В. Обнаружены также режимы работы детектора при небольших (200—300 Э) фокусирующих магнитных полях.

В заключение отметим, что при создании описанного макета электронного детектора с открытой резонансной системой ставилась лишь задача изучения характерных особенностей таких приборов, поэтому полученные параметры и характеристики исследованного образца детектора не являются предельными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Девятков М. Н., Костиенко А. И. и др. Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ, 1970, № 9, с. 86. [2] Девятков М. Н., Костиенко А. И., Мясоедов Е. Я. Радиотехника и электроника, 1962, № 5, с. 838. [3] Туманов Б. М. Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ, 1971, № 9, с. 11. [4] Афонин Д. Г., Костиенко А. И. Вестн. Моск. ун-та. Сер. Физ. Астрон., 1979, 20, № 1, с. 71.

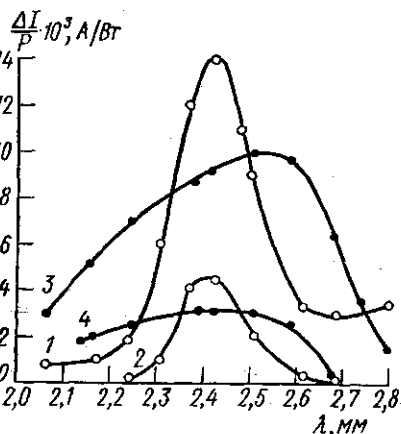


Рис. 3. Токовая чувствительность прибора с открытым резонатором (1, 2) и с низкодобротной открытой резонансной системой (3, 4) при работе в ДИ-режиме на первой и второй пространственных гармониках

Поступила в редакцию
03.08.81