

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОРАЗРЯДНОГО ДЕТЕКТОРА НА САНТИМЕТРОВЫХ ВОЛНАХ

Е. А. Здорнова

Приводятся результаты экспериментального исследования детекторных и смесительных свойств газоразрядных ламп типа МН-3 и МН-6 на $\lambda = 3,2$ см.

За последние годы в связи с быстрым развитием техники сантиметровых волн заметно возрос интерес к газовому разряду на сверхвысоких частотах. Работы в этой области привели к созданию таких газоразрядных устройств, как шумовые генераторы, аттенюаторы, фазовращатели и т. д. [1]. Взаимодействие электромагнитной волны с газоразрядной плазмой может быть использовано также для создания смесительных и детекторных устройств. Детектор такого типа не боится перегрузок, устойчив в механическом отношении; с ним нет необходимости ограничиваться простейшим типом волны, так как при заполнении всего поперечного сечения волновода газоразрядной плазмой создается распределенный детектор, захватывающий участки с максимальной напряженностью электрического поля, и для более сложных типов волн, чем H_{10} [2, 3].

Исследование параметров газоразрядного детектора было выполнено на миниатюрных лампах типа МН-3 и МН-6, размеры которых позволяли располагать их в волноводах стандартного сечения. Газ в лампах ионизировался постоянным напряжением, режим работы соответствовал стадии тлеющего разряда. Статические вольт-амперные характеристики $U(J_1)$ и нагрузочная прямая для сопротивления нагрузки $R_n = 31$ ком ($E = 60$ в) даны на рис. 1. Положение рабочей точки P соответствует устойчивому состоянию равновесия.

Поглощение микроволновой энергии ионизированным газом меняет его проводимость на постоянном токе. Так при подаче высокочастотного сигнала постоянный ток, протекающий в цепи газоразрядной лампы, увеличивается (в этом и состоит эффект детектирования), т. е. рабочая точка перемещается по нагрузочной прямой на новую вольт-амперную характеристику в точку P' (см. рис. 1), что соответствует (при тех же параметрах схемы) увеличению проводимости среды на $\Delta\sigma$. Для лампы МН-3 при мощности СВЧ сигнала $P_{свч} = 10$ мвт, коэффициенте стоячей волны $KСВ_n =$ изменение проводимости среды $\Delta\sigma$

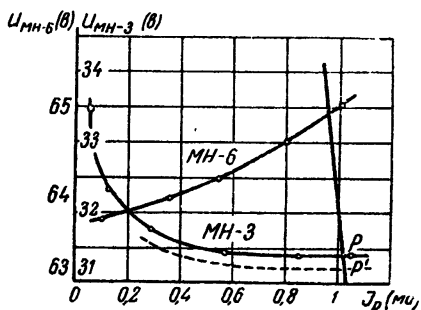


Рис. 1. Статические вольт-амперные характеристики газоразрядных ламп МН-3 и МН-6.

$= 1,5$ и разрядном токе $J_p = 1$ ма составляет $\sim 10^{-7}$ ом $^{-1}$.

При приеме модулированных колебаний проводимость среды меняется с изменением амплитуды сигнала высокой частоты. Верхняя частота модуляции (или промежуточная частота в случае смещения сигналов) ограничивается временем установления стационарного состояния системы—временем релаксации $\tau = 1/\delta\nu$, где ν — эффективная частота соударений электрона с атомами и ионами, а δ — коэффициент пропорциональности, равный в случае упругих соударений $2m/M$, где m и M — масса электрона и атома соответственно.

Исследование детекторных свойств газоразрядной лампы проводилось на частоте 9375 мГц. Лампа помещалась в детекторную головку из комплекта 52-И (рис. 2). Для нахождения положения, соответ-

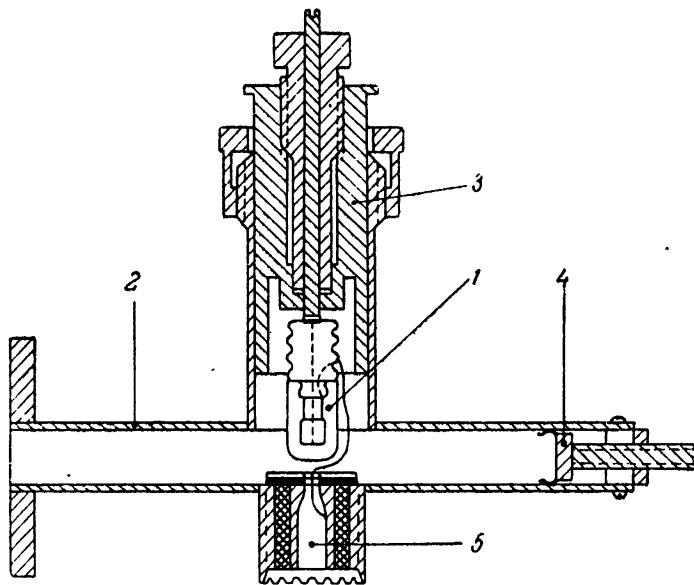


Рис. 2. Расположение газоразрядной лампы в детекторной головке:
1 — газоразрядная лампа; 2 — волновод; 3 — шлейф; 4 — поршень; 5 — низкочастотный выход.

вующего максимальной чувствительности, детектор мог поворачиваться вокруг своей оси и перемещаться вдоль шлейфа. Блок-схема измерений приведена на рис. 3. Сигнал сверхвысокой частоты от генератора 51-И проходил измерительную линию 53-И и через крановый переключатель поступал или на газоразрядный или на кристаллический детектор (для сравнения выбирался смесительный кристалл ДКС-4 с отношением обратного и прямого сопротивления около 100). Приращение постоянного тока в цепи газоразрядной лампы измерялось с помощью компенсационной схемы. Зависимость приращения разрядного тока лампы МН-3 в функции мощности сигнала сверхвысокой частоты дана на рис. 4. Видно, что изменения тока возрастают с увеличением разрядного тока лампы и следуют за изменениями мощности почти линейно, т. е. детектор можно назвать квадратичным. (Это свойство газоразрядных ламп может быть использовано для создания измерителей мощности.)

Сравнение чувствительности газоразрядного и кристаллического детекторов проводилось при работе генератора 51-И в режиме модулированных колебаний, причем модуляция осуществлялась меандром с $f_m = 1$ кГц. Продетектированный сигнал наблюдался на экране осциллографа ЭО-6. Амплитуда низкочастотного сигнала с газоразрядного детектора была на $10 \div 20\%$ меньше, чем с кристаллического детектора; форма сигналов отличалась наличием положительных и

отрицательных пиков, соответствующих краям меандра. Искажения связаны с конечной скоростью изменения силы самостоятельного тока в газе и в сильной степени зависят от крутизны фронтов импульсов СВЧ [4].

Для кристаллического и газоразрядного смесителя на лампе МН-6 была снята зависимость потерь преобразования $L_{(дб)} = 10 \lg \left(\frac{P_{свч}}{P_{пч}} \right)$ в

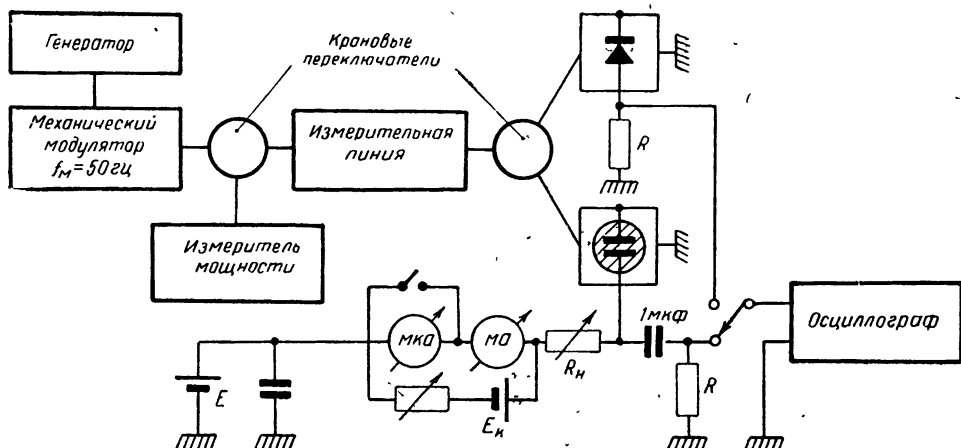


Рис. 3. Схема питания и блок-схема измерений параметров газоразрядного детектора.

функции мощности сигнала СВЧ — $P_{свч}$ ($P_{пч}$ — мощность сигнала на промежуточной частоте). Модуляция сигнала осуществлялась механическим модулятором с $f_m = 50$ Гц, глубина модуляции и подаваемая мощность измерялись с помощью прибора 45-И (рис. 3) [5, 6]. Потери

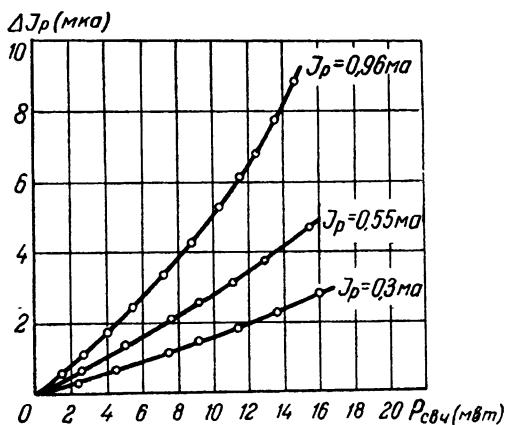


Рис. 4. Приращение ΔJ_p разрядного тока лампы МН-3 в функции мощности высокочастотного сигнала $P_{свч}$.

преобразования (рис. 5) газоразрядного смесителя — такого же порядка, что и у кристаллического, т. е. составляют $6 \div 9$ дБ (для промежуточной частоты 50 Гц). Начиная с частот порядка нескольких МГц, наблюдалось заметное увеличение потерь преобразования, что может быть отнесено за счет уменьшения выходного импеданса системы на этих частотах [7, 8] и проявления инерционности детектора, характеризуемой временем релаксации τ .

Для тех же детекторов с помощью нулевого флюктуометра была измерена температура шумов на промежуточных частотах $f_{пч}$.

$$T = \frac{U^2}{4 k^2 \Delta f R_n}$$

где U —известное синусоидальное напряжение, Δf —эффективная полоса пропускания усилителя, R_n —сопротивление нагрузки, k —постоянная Больцмана. Измерения были выполнены в диапазоне $3 \div 24$ мГц для $\Delta f = 400$ кГц, $R_n = 300$ ом (см. рис. 6). При равных условиях температура шумов кристаллического детектора больше, чем у газоразрядного; частотный ход примерно одинаковый. Измеренную температуру следует отнести к катодным частям разряда, так как межэлектродные расстояния в исследуемых лампах составляют $1 \div 2$ мм, и возможность появления положительного столба исключена.

На основе этих данных можно провести сравнение температуры шумов газоразрядной лампы и вакуумного диода при одинаковых значениях тока J (см. таблицу 1).

Таблица 1

J (ма)	$T_{\text{МН-6}}$ (°К)	T (°К)	α
0,5	280	1150	0,22
1,0	500	2300	0,2
1,5	760	3450	0,24

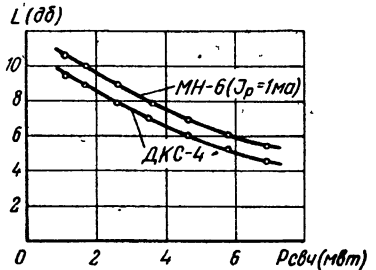


Рис. 5. Зависимость потерь преобразования L от мощности сигнала СВЧ.

Для газоразрядной лампы (так же, как и для диода с пространственным зарядом) может быть введен коэффициент депрессии шума α . Значения α в таблице 1 приведены для $f_{\text{пр}} = 23$ мГц и $R = 400$ ом.

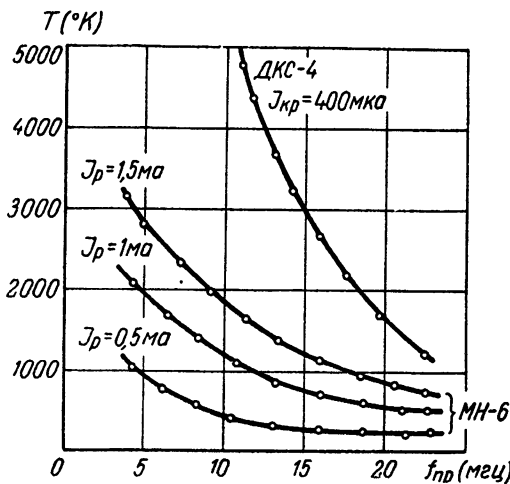


Рис. 6. Зависимость температуры шумов T газоразрядного и кристаллического детекторов от промежуточной частоты.

Газоразрядный детектор на лампах типа МН-3 и МН-6 обладает целым рядом существенных недостатков. К их числу можно отнести наличие стеклянного баллона и цоколя лампы, что дает заметный импеданс в отсутствие разряда, неудобное размещение в волноводе, отсутствие точных данных о давлении и составе газов и т. д.

Дальнейшие исследования в этой области будут проводиться на

На более низких промежуточных частотах депрессия уменьшается. В проведенных опытах на кристаллический детектор подавалось переменное напряжение от ГС-6, а питание лампы МН-6 шло на постоянном токе. Наложение сигнала СВЧ на газоразрядный детектор не меняло заметным образом его температуру шумов, которая, как видно, целиком определяется постоянным током разряда (величина его во много раз больше приращений тока при детектировании, см. рис. 4). Указанное обстоятельство позволит проводить смешение сигналов на газоразрядных лампах с большей амплитудой гетеродинного напряжения, чем для кристаллического детектора.

специально разработанных газоразрядных камерах, представляющих волноводные секции с вакуумно-запаянными торцами. Можно надеяться, что такой газоразрядный детектор найдет практическое применение в технике сантиметровых волн.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. F. A g a m s, Electronics, **27**, 168 (1954).
2. H. B u r r o u g h s, A. B r o n w e l l, Proc. NEC, **7**, 598 (1955).
3. H. B u r r o u g h s, A. B r o n w e l l, Tele-Tech., **11**, 62, 121, 123 (1952).
4. В. Л. Грановский, Электрический ток в газе, **1**, ГИТТЛ, М.-Л., 1952.
5. Л. С. Гуткин, Преобразование сверхвысоких частот и детектирование, II, Госэнергоиздат, М., 1953.
6. Б. А. Доброхотов, Радиотехнические измерения на сантиметровых волнах, изд. Сов. радио, М., 1948.
7. F. A. B e n s o n, L. J. B e n t a l, Wireless Engineer, **32**, 330 (1955).
8. J. K r a s i k, Чехословацкий физ. ж., **6**, 376 (1956).
9. В. С. Троицкий, ЖТФ, **25**, 478 (1955).

Исследовательский радиофизический институт
при Горьковском университете

Поступила в редакцию
23 октября 1958 г.