

УСИЛИТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНОЙ ПЛАЗМЫ В ГЕРМАНИИ

И. М. Викулов, Л. А. Люзе
(Томск)

1. Возникновение колебаний тока в тонком стержне германия, помещенном в параллельные электрическое и магнитное поля было впервые открыто Ивановым и Рывкиным [1]. Затем Окамото и др. [2] экспериментально обнаружили, что эти колебания обусловлены винтовой неустойчивостью движения носителей тока. На основе этого явления Гурвитц и Макуортер [3] теоретические и экспериментально показали возможность усиления внешнего переменного сигнала в электронно-дырочной плазме германия. Суть этого явления состоит в следующем. В тонком стержне n -типа германия, при некоторых критических значениях напряженностей электрического и магнитного полей, возникает винтовая неустойчивость движения носителей тока. Эта неустойчивость возникает вблизи торцевого контакта, к которому приложен плюс от источника питания, и растет распространяясь в направлении дрейфа неосновных носителей тока. При напряженностях полей несколько меньше критических, винтовую неустойчивость можно возбудить внешним переменным сигналом, при этом винт будет также возрастать, распространяясь в направлении электрического поля, что эквивалентно усилению внешнего сигнала.

2. Конструкция усилителя показана на рис. 1. В стержень n -типа германия с удельным сопротивлением 45 ом см, размером

1 x 1 x 20 мм³ впаляются торцевые контакты р и n-типа .

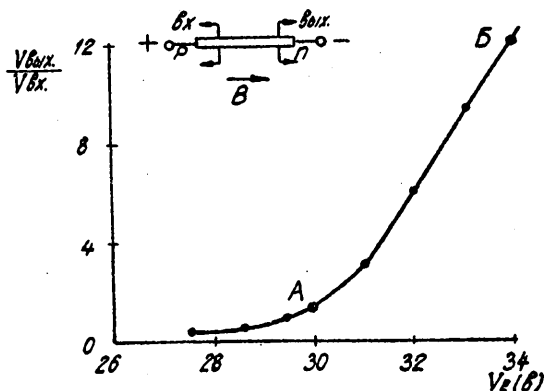


Рис. 1.

Изменение коэффициента усиления при увеличении напряжения источника питания. А - коэффициент усиления равен 1, Б - точка самовозбуждения, $B = 12$ кгс, $V = 5$ мв (Образец № 67)

На расстоянии 6 мм от р-контакта в две противоположные грани образца впаляются симметричные входные зонды n-типа диаметром 0,1 - 0,15 мм. Выходные зонды n-типа впаляются на расстоянии 2 мм от торцевого контакта n-типа. Электрическое поле в образце создается напряжением от батареи постоянного тока. Полярность напряжения прямая по отношению к торцевому р-n переходу. Сигнал на вход подавался с симметричного выхода генератора ГЗ-33 через разделительные емкости. Выходной сигнал наблюдался на экране осциллографа С1-15. Наш усилитель отличается от описанного в [3] тем, что, во-первых, работает в непрерывном режиме, во-вторых, на вход подается переменный сигнал с линейной поляризацией (в работе [3] на вход подавался сигнал с круговой поляризацией через 4 симметрично расположенных в одном поперечном сечении зонда), и, в-третьих, если заменить входные контакты n-типа на контакты р-типа, усилитель может работать и как умножитель частоты. Все измерения сделаны при температуре + 20°C.

3. На рис. 1 показана зависимость коэффициента усиления от приложенного постоянного напряжения источника питания. Из

рисунка видно, что при напряжении до 30 в коэффициент усиления меньше единицы. Усиление сигнала происходит в интервале от 30 до 34 в. При дальнейшем увеличении напряжения источника питания усилитель самовозбуждается и работает как генератор. Соответственно, точка А - характеризует порог усиления, точка Б-порог самовозбуждения. На рис.2 приведена зависимость

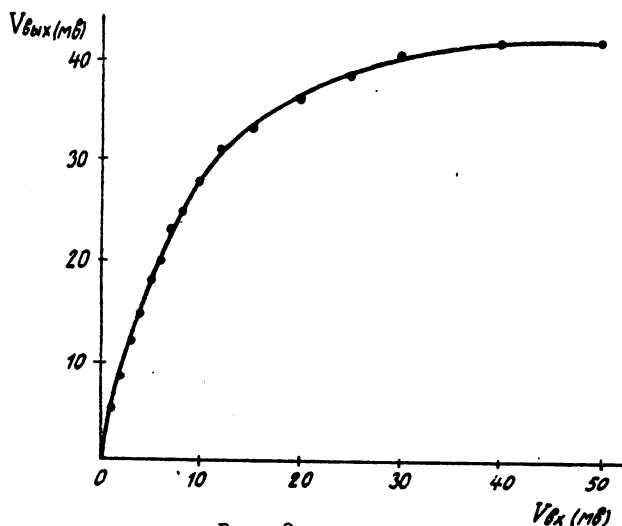


Рис. 2

Зависимость выходного напряжения от входного.

$B = 12$ кгс, $V_E = 3I$ в (Образец № 67)

амплитуды выходного сигнала от амплитуды входного сигнала. Из наклона кривой видно, что коэффициент усиления больше при малых входных сигналах, а с увеличением входного сигнала до 40 мВ падает до 1. Таким образом, наилучшее применение усилитель может найти при усилении слабых сигналов. Чувствительность усилителя ограничивается собственными шумами и обычно имеет значение 0,1 - 0,3 мВ. (при отношении сигнал/шум = 10). Частотная характеристика усилителя имеет резонансный характер с максимумом на частоте 22 кГц. Резонансная частота определяется поперечным размером усилителя и при изменении его от 0,5х0,5 до 2х2 мм² изменяется соответственно от 100 кГц до 10 кГц.

При замене входных контактов n -типа на контакты p -типа усилитель может работать и как умножитель частоты. При подаче на такие зонды переменного сигнала, вследствие нелинейности характеристик p -зондов с материалом n -типа, через зонды будет протекать переменный ток основной частоты и её гармоник. Усилитель будет усиливать ту гармонику, частота которой совпадает с резонансной частотой усилителя. Таким образом, если на входные зонды подать сигнал с частотой равной половине резонансной частоты усилителя, то усилитель будет усиливать лишь вторую гармонику входного сигнала, так как она совпадает с резонансной частотой усилителя. На рис. 3 представлена за-

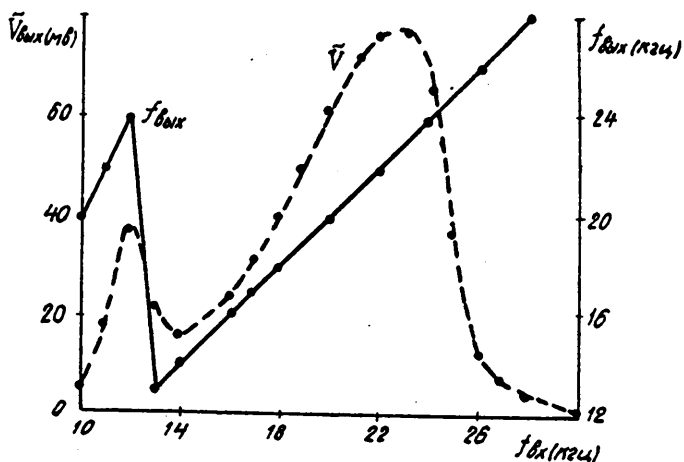


Рис. 3

Зависимость амплитуды и частоты выходного сигнала от частоты входного сигнала.

$B = 12$ кГц, $V_E = 30,5$ в, $V_{вх} = 3$ мВ
(Образец № 87 с p -типа входными контактами)

висимость амплитуды и частоты выходного сигнала от частоты входного сигнала. Из рисунка видно, что при подаче на вход сигнала с частотой до 12 кГц, частота выходного сигнала равна удвоенной частоте входного. Затем следует переход от удвоения к линейному усилению. Кроме вышеприведенных зависимостей, необходимо отметить, что резонансная частота линейно зависит

от величины напряженности магнитного поля. Коэффициент усиления может быть увеличен путем увеличения длины образца. При данной конструкции время прохождения сигнала от входа до выхода порядка 150 мксек.

При самом простом анализе видна возможность применения описанного усилителя в качестве элемента задержки и памяти. Другие возможности применения усилителя в вычислительной технике исследуются.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ю.Л. Иванов, С.М. Рывкин. ЖТФ, 28, 744, 1958.
2. F.Okamoto, T.Koike, S.Tosima. J.Phys.Soc., 1962, vol.17, 804.
3. C.E.Hurwitz, A.L.McWhorter. Phys.Rev., 1964, vol.134, A1033.