

параметры  $F$  и  $T_{ш}$  связаны соотношением  $F = 1 + T_{ш}/T_0$ , где  $T_0 = 293$  К. Входные малошумящие усилители (МШУ) Р. СВЧ созданы до частот  $f =$

(ГИС) и монолитных интегральных схем. На частотах  $f > 150$  ГГц применяют волноводные (рис. 5) и квазиоптич. конструкции СДШ (рис. 2).

Рис. 3. Квазиоптическая структура для детекторного радиоприёмника с распределённым полупроводниковым приёмным элементом: 1 — световод; 2 — держатель; 3 — приёмный элемент; 4 — иммерсионная линза из диэлектрика с диалектрической проницаемостью, такой же, как у приёмного элемента; 5 — проводники для подачи смещения на приёмный элемент и вывода напряжения детектируемого сигнала.

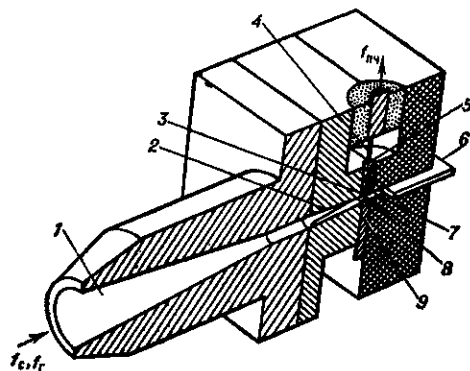
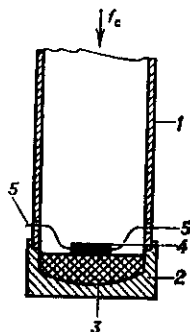


Рис. 5. Смеситель на диодах Шоттки: 1 — рупорная антенна для ввода колебаний сигнала и гетеродина; 2 — конусный переход от круглого волновода к прямоугольному; 3 — кристалл диода Шоттки сотовой структуры; 4 — проводочный вывод сигнала  $f_{св}$ ; 5 — фильтр низкой частоты из отрезков коаксиальной линии с высоким и низким волновым сопротивлением; 6 — подвижный настроечный короткозамыкающий поршень; 7 — прямоугольный волновод пониженной высоты; 8 — контактная пружинка к ячейке диода Шоттки; 9 — опорный штифт контактной пружинки.

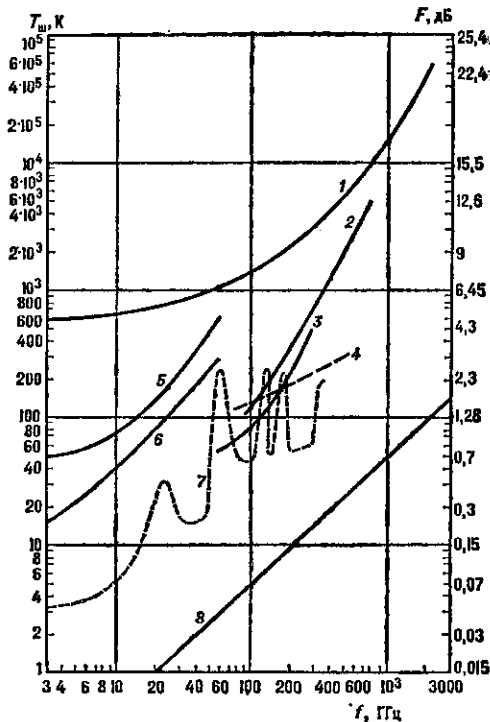


Рис. 4. Частотная зависимость минимальных шумовых параметров радиоприёмников и их малошумящих входных каскадов: 1 — неохлаждаемые смесители на диодах Шоттки; 2 — охлаждаемые до 20 К смесители на диодах Шоттки; 3 — сверхпроводниковые СИС-смесители, охлаждаемые до 2 К; 4 — смесители на InSb, охлаждаемые до 4 К; 5 — неохлаждаемые малошумящие усилители на полевых транзисторах Шоттки; 6 — усилители, охлаждаемые до 20 К; 7 — шумы атмосферы; 8 — квантовый шум.

$= 100$  ГГц, однако практич. использование в технике в осн. получили только МШУ до  $f \approx 40$  ГГц, причём наиб. эффективными по совокупности характеристик являются МШУ на ПТШ, к-рые повсеместно вытесняют др. виды МШУ, в т. ч. в миллиметровом диапазоне радиоволн. Охлаждение МШУ на этих транзисторах приводит к существенному снижению величины  $T_{ш}$ . Из разновидностей входных каскадов Р. СВЧ ближайший к МШУ на ПТШ по величине шумовых параметров смеситель на диодах Шоттки (СДШ), к-рый является самым распространённым малошумящим входным каскадом Р. СВЧ и наиб. продвинутым в КВ-часть радиодиапазона. В своих диапазонах частот СДШ, как и др. функциональные элементы и узлы Р., изготавливают методами микроэлектроники в виде гибридно-интегральных схем

Преобразование частоты осуществляется в смесителе при подведении к нему мощности гетеродина. Большинство гетеродинов, применяемых в СВЧ-диапазоне, создаются на основе полупроводниковых активных элементов — диодов и транзисторов. Для создания гетеродинов на частотах  $f \geq 10$  ГГц используют в осн. 2 вида диодов — Ганна диоды (ДГ) и диоды Шоттки, а также ПТШ. На основе ДГ создают автогенераторы (см. Генератор электромагнитных колебаний), использующие отрицательное дифференциальное сопротивление, возникающее в ДГ. Гетеродины на диодах Ганна (ГДГ) также являются самым распространённым видом гетеродинного автогенератора в диапазоне 10—150 ГГц благодаря своей миниатюрности, экономичности и малым шумам. Они могут быть с фиксиров. настройкой (со стабилизацией частоты и без неё) и с механич. или электр. перестройкой частоты, к-рая в последнем случае часто осуществляется с помощью нелинейной ёмкости, включаемой в колебательный контур (систему) генератора. Обычно в качестве такой ёмкости применяют полупроводниковый диод (напр., диод Шоттки). Для стабилизации частоты используют высокодобротный объёмный резонатор, чаще в виде диэлектрич. резонатора (рис. 6). Для создания гетеродинов на частотах  $f > 150$  ГГц применяют умножение частоты на диодах Шоттки. Такие умножители частоты (удвоители, утроители) конструктивно сложны и содержат элементы СДШ. Транзисторные гетеродины на ПТШ в виде пере-

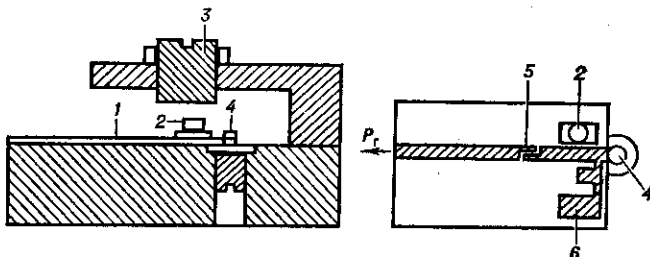


Рис. 6. Конструкция микрополоскового гетеродина на диоде Ганна на  $f=50$  ГГц: 1 — микрополосковая плата; 2 — диэлектрический резонатор в форме диска; 3 — виток подстройки рабочей частоты; 4 — диод Ганна; 5 — СВЧ блокирующий конденсатор; 6 — вывод для подачи постоянного напряжения питания.