

НИУ МЭИ
Кафедра Полупроводниковой электроники



Дисциплина:
Полупроводниковые СВЧ приборы

Тема 3.

Смесительные и детекторные диоды

Рис. 12а

Смесительный диод

Армстронг, Леви, Шоттки 1921 г.

Смешение – преобразование в нелинейном устройстве (*смесителе*) маломощного входного сигнала с одной частоты (f_c) на другую ($f_{пр}$) путем его взаимодействия со сравнительно мощным сигналом *гетеродина* (вспомогательный внутренний генератор в приемнике).

Информационные характеристики сигнала сохраняются (модуляция).

1) $f_{пр} < f_c$ – облегчается дальнейшее усиление

2) $f_c = var$; $f_c - f_{г} = f_{пр} = const$ – упрощается конструкция УПЧ, облегчается достижение его устойчивости и унификация

Рис. 126

Принцип действия смесительного диода (упрощенно)

$$I = I_s \left(e^{\frac{qU}{nkT}} - 1 \right); \quad n = 1 \div 2; \quad u = U_0 + U_1 \cos \omega_1 t + U_2 \cos \omega_2 t = U_0 + u_1;$$

Ряд Тейлора для малого сигнала вблизи точки U_0 :

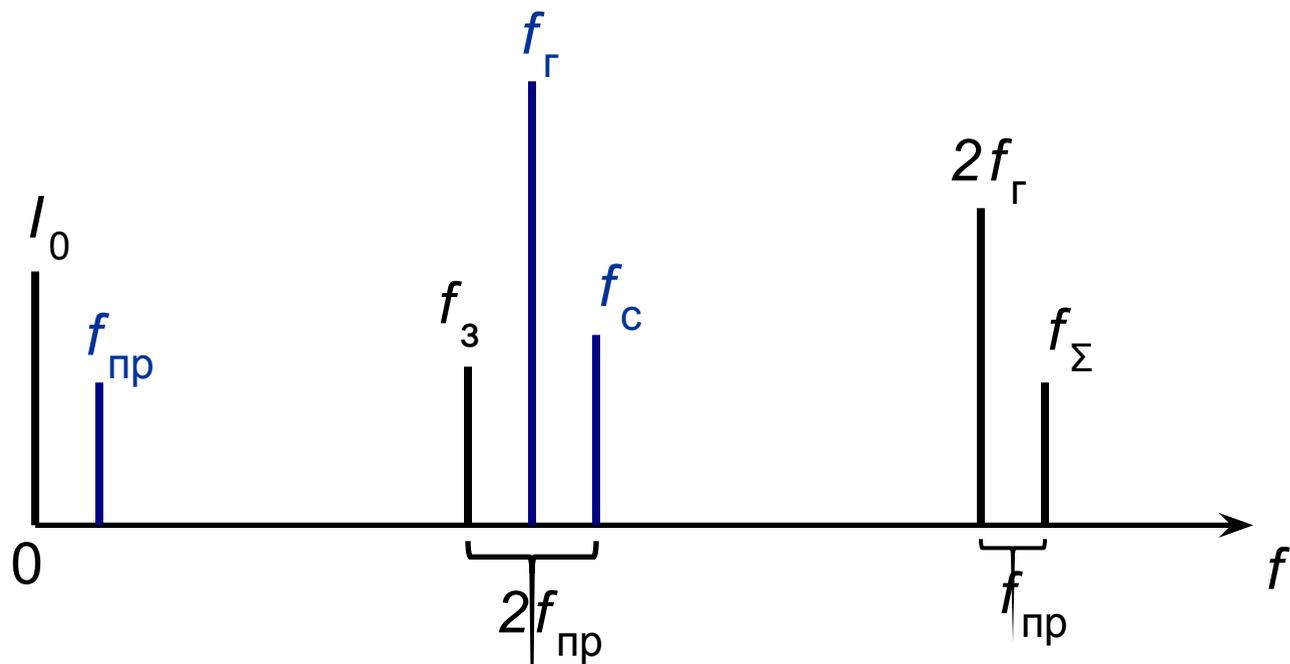
$$i = I_0(U_0) + \frac{\partial I}{\partial U} \Big|_{U_0} u_1 + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 I}{\partial U^2} \Big|_{U_0} u_1^2 + \dots = I_0 + i_1 + i_2 + \dots; \quad i_2 = K_2 (U_1 \cos \omega_1 t + U_2 \cos \omega_2 t)^2$$

Из i_2 (условно): $[\omega_1] + [\omega_2] \Rightarrow [\omega_1 + \omega_2] + [\omega_1 - \omega_2] + [2\omega_1] + [2\omega_2]$

С учетом высших членов ряда: $[\omega_1] + [\omega_2] \Rightarrow [n\omega_1 \pm m\omega_2] \quad [n, m = 0, 1, 2, 3, \dots]$
];

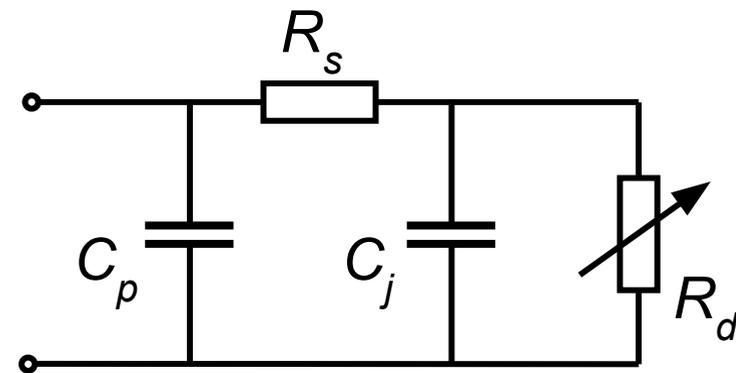
Рис. 12в

Смесительный диод



$$f_{\text{с}} - f_{\text{г}} = f_{\text{пр}} = \text{const}; \quad f_{\Sigma} = f_{\text{с}} + f_{\text{г}}$$

$$f_3 = f_{\text{г}} - f_{\text{пр}} = 2f_{\text{г}} - f_{\text{с}} - \text{«зеркальная» частота}$$



$$R_d = \frac{nkT}{q(I_0 + I_s)} \approx \frac{n\varphi_t}{I_0}$$

Рис. 12г

Основные параметры смесителя

1. Потери преобразования $L = 10 \lg \frac{P_c}{P_{пр}}$; $L = L_1 + L_2 + L_3$

L_1 – потери рассогласования на $f_c, f_{пр}$;

L_2 – потери в R_s ;

L_3 – потери в R_d

2. Импеданс на $f_c, f_{пр}$ – для обеспечения согласования

3. Коэффициент шума – зависит от R_s, R_d

4. Частота отсечки $f_c = \frac{1}{2\pi C_j} \left(\frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_d} \right)$

Рис. 12д

Варианты структуры смесительного диода

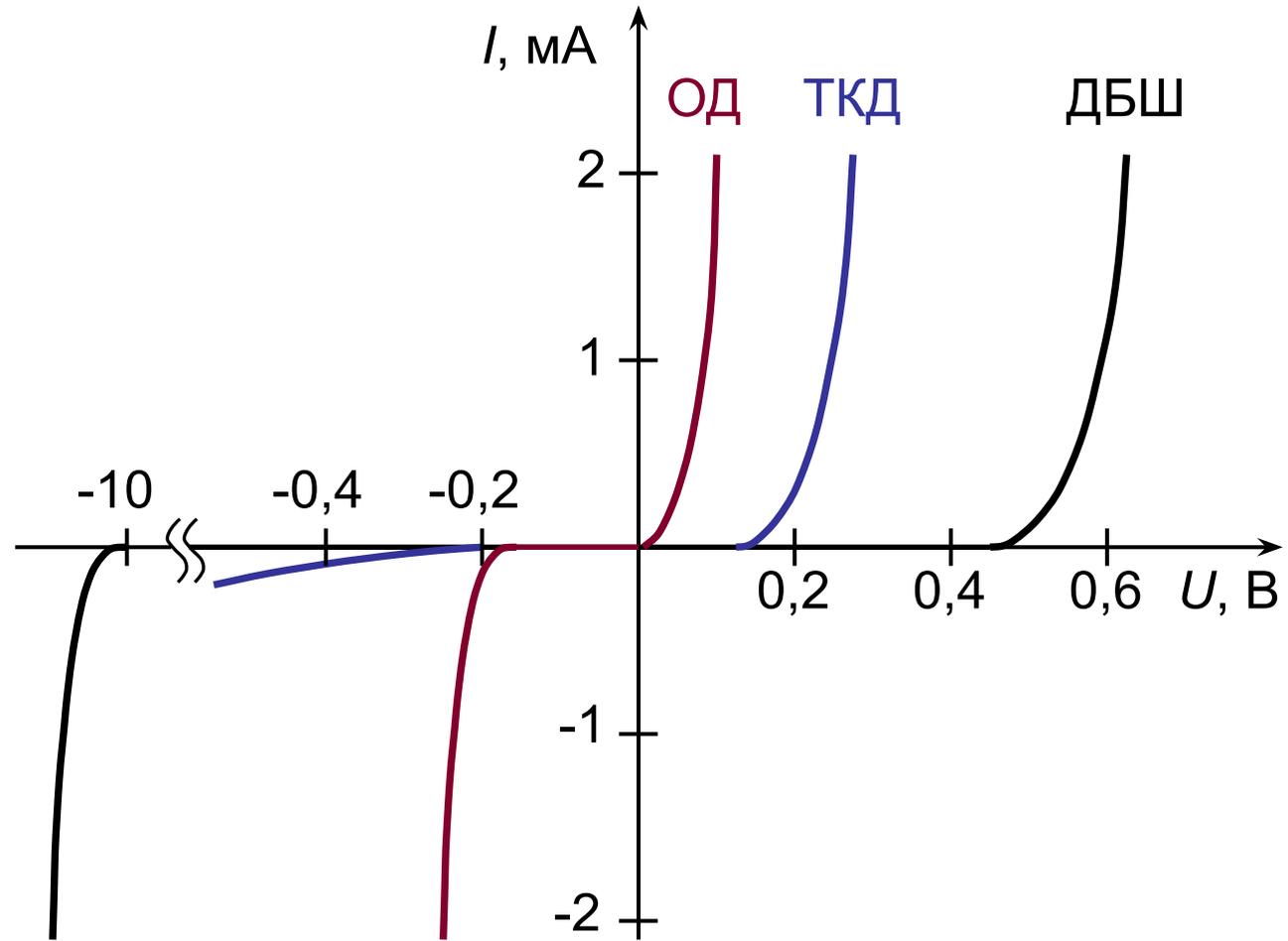
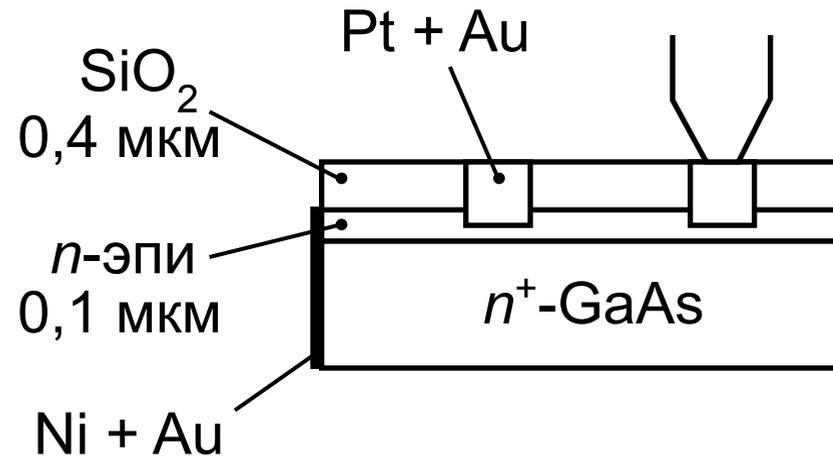
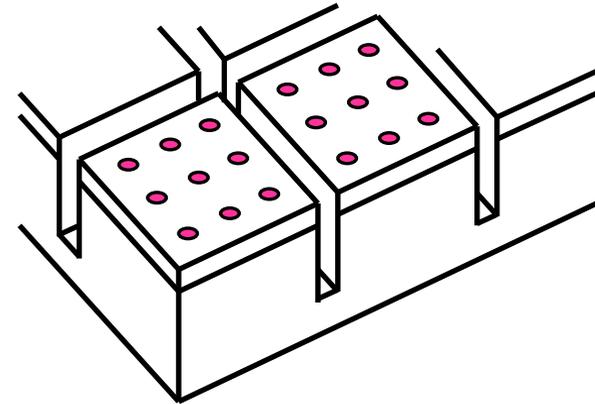


Рис. 13

Конструкция диода Шоттки



$$n = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}, n^+ = 3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$$



а)

б)

Рис. 14

Технология «сотовой» структуры

Выращивание эпитаксиального слоя, нанесение окисла

Нарезание канавок глубиной ~100 мкм

Электролитическое осаждение в канавки металла омического контакта

Вскрытие в окисле отверстий диаметром 2 мкм, нанесение контакта Шоттки

Приклеивание смолой, шлифование нижней поверхности

Растворение смолы, разделение на «чипы»

Рис. 14 в

Включение диода Шоттки в МПЛ

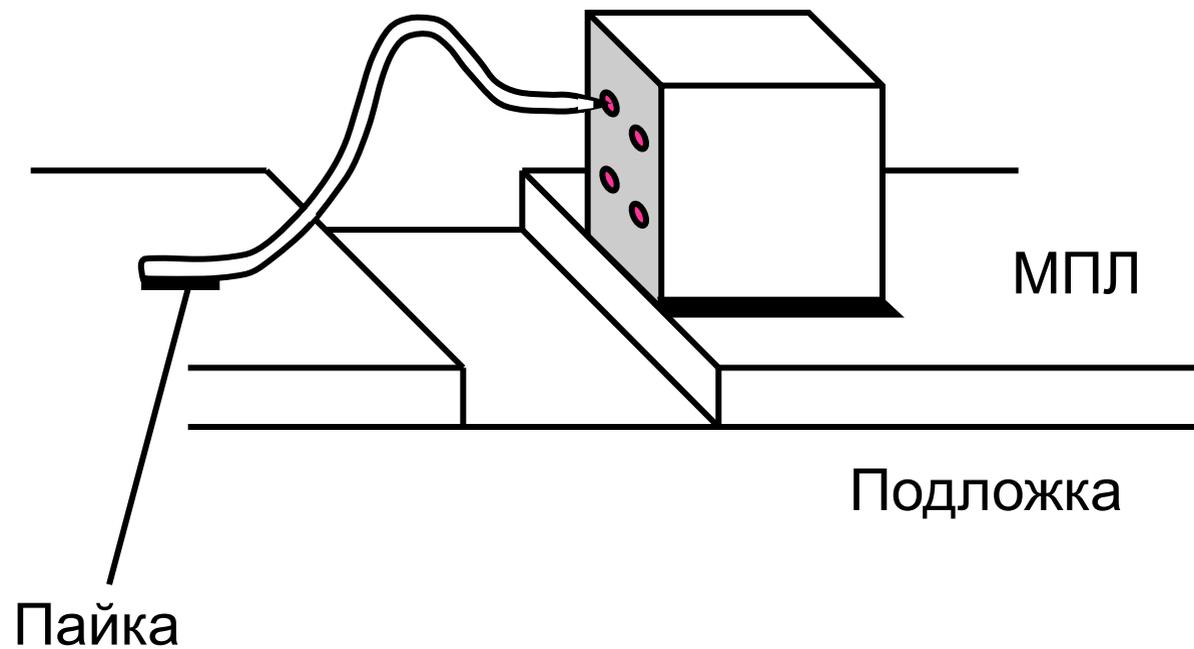


Рис. 15

Балансный смеситель

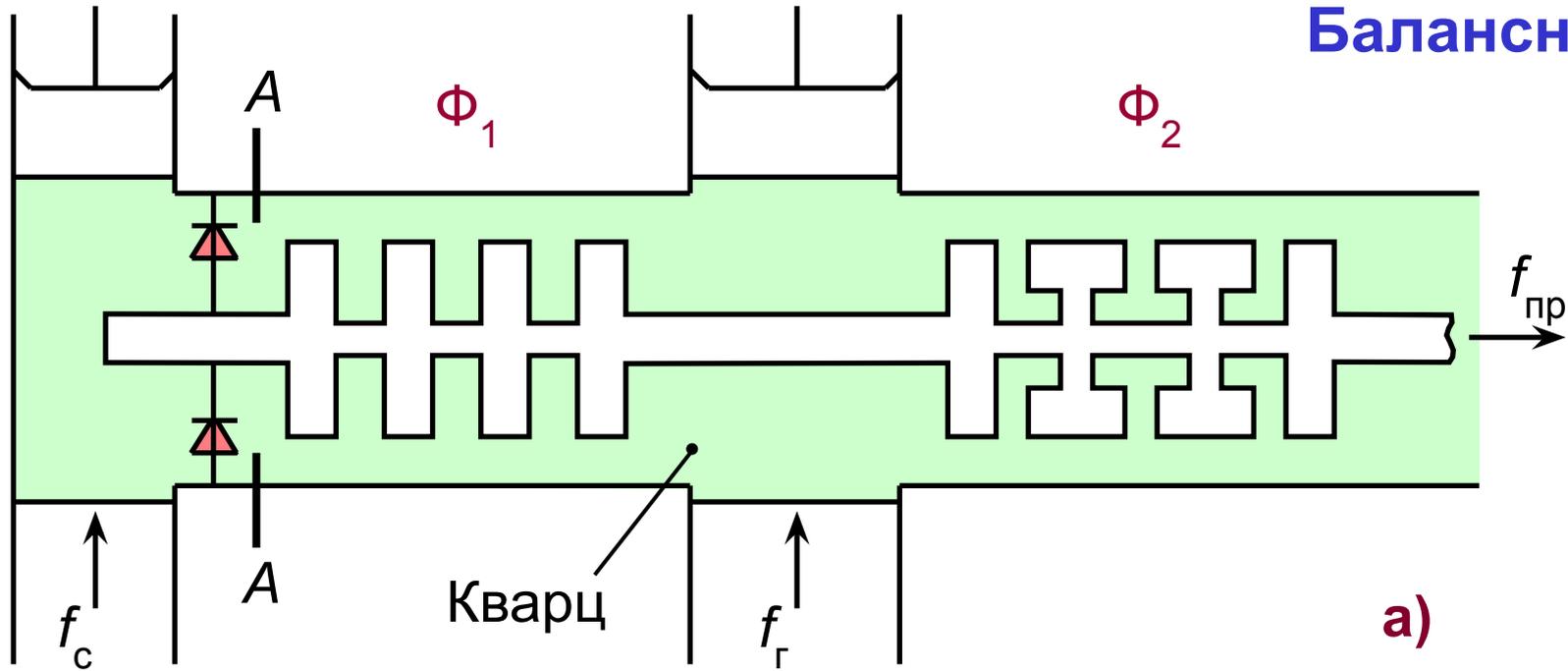


Рис. 16

