

Полупроводниковые оптические усилители.
Нелинейные оптические усилители.

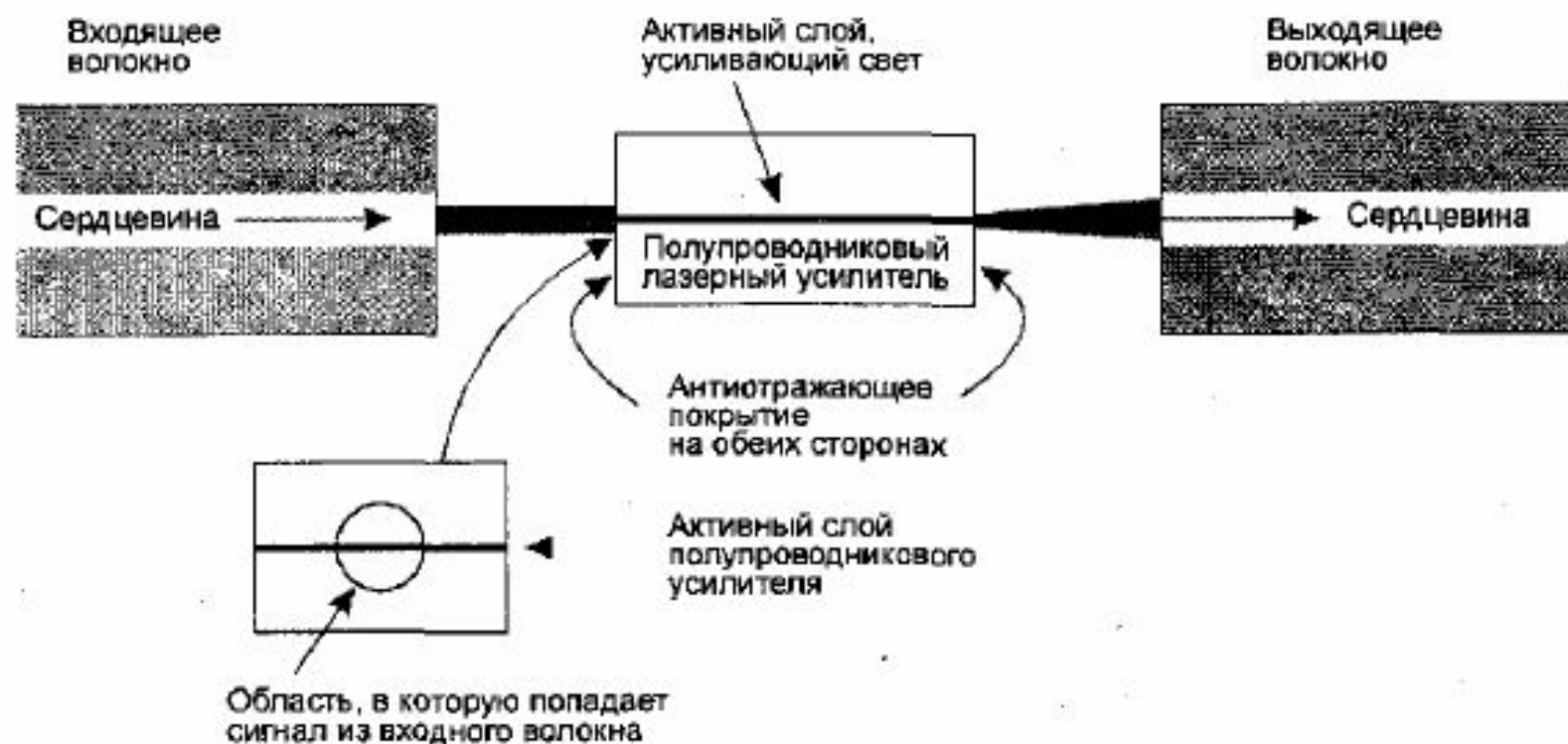
Романов Владимир, гр. 21611

Полупроводниковые оптические усилители

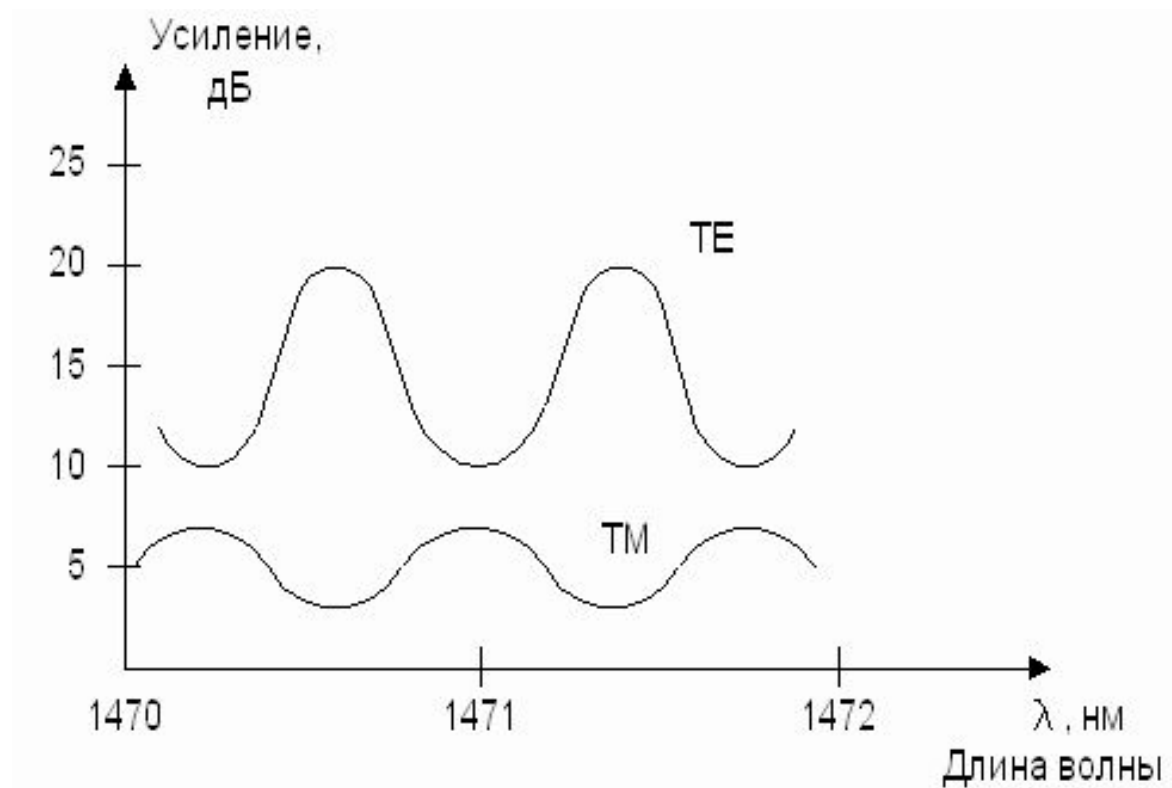
В полупроводниковых оптических усилителях, активной средой является полупроводник. Полупроводник можно рассматривать как простую систему с двумя неперекрывающимися энергетическими зонами: нижней (валентной) и верхней (зоной проводимости). Между ними имеется энергетический зазор (запрещенная зона энергий).

За счет инжекции тока в полупроводник, создается инверсия населенности – избыток электронов в зоне проводимости. Фотоны входного (усиливаемого) сигнала служат источником возбуждения электронов в зоне проводимости, благодаря чему они переходят с верхнего уровня на нижний уровень, где рекомбинируют с дырками, вызывая появление фотонов выходного (усиленного) сигнала.

Если один первичный фотон вызывает эмиссию K вторичных фотонов, возникает K -кратное оптическое усиление.



Различие коэффициентов усиления для продольной и поперечной мод:



Полупроводниковые оптические усилители

□ Подпороговые

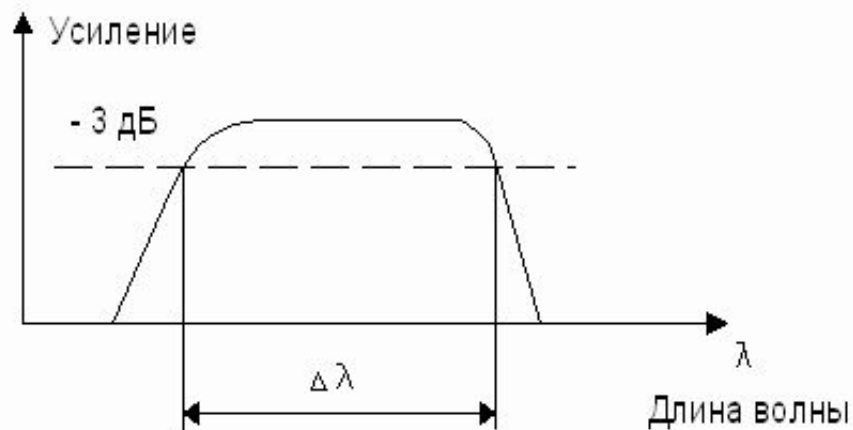
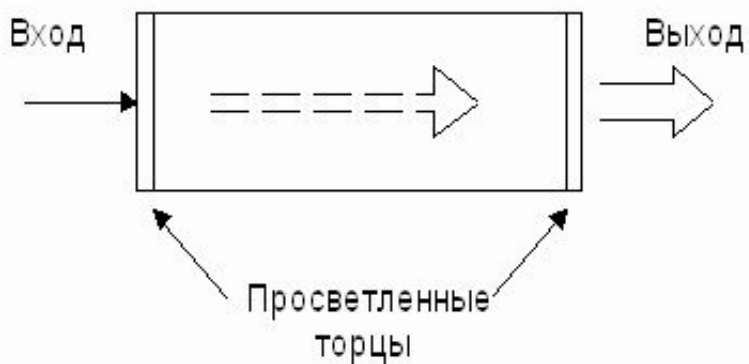
- ✓ Усилители бегущей волны (УБВ).
- ✓ Резонансные усилители (Фабри-Перо, ФП).

□ Надпороговые

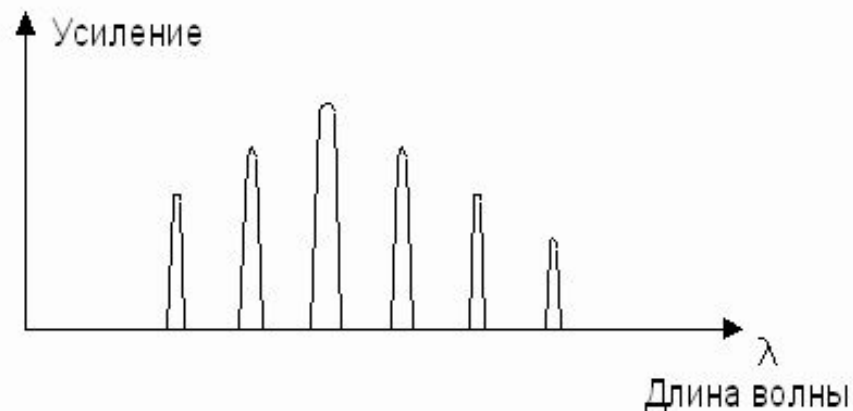
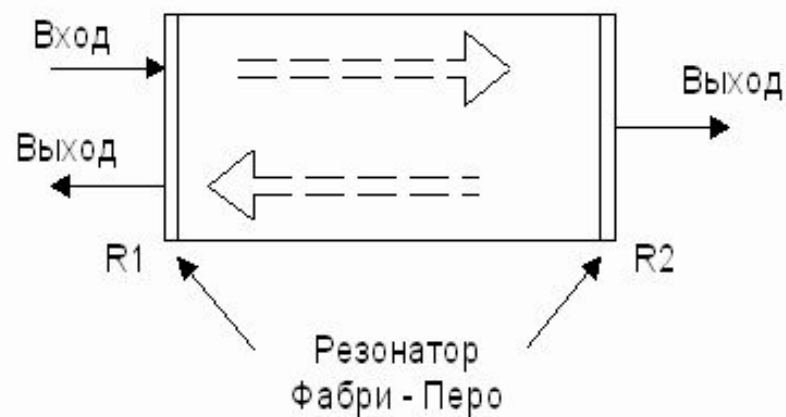
- ✓ Лазеры с распределенной обратной связью.
- ✓ Лазеры с распределенным отражателем Брегга.

Частотные характеристики усилителей

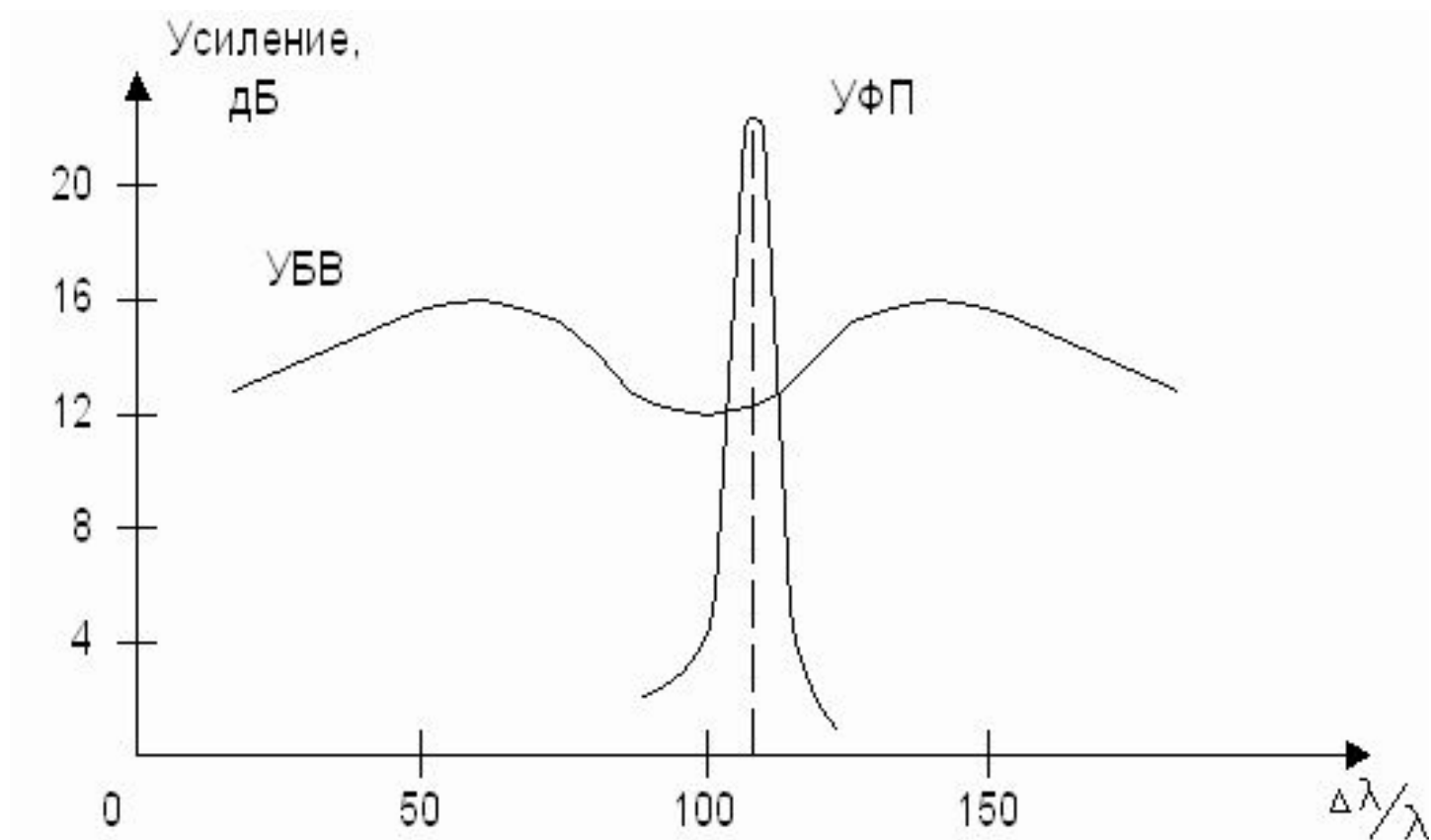
Усилитель бегущей волны



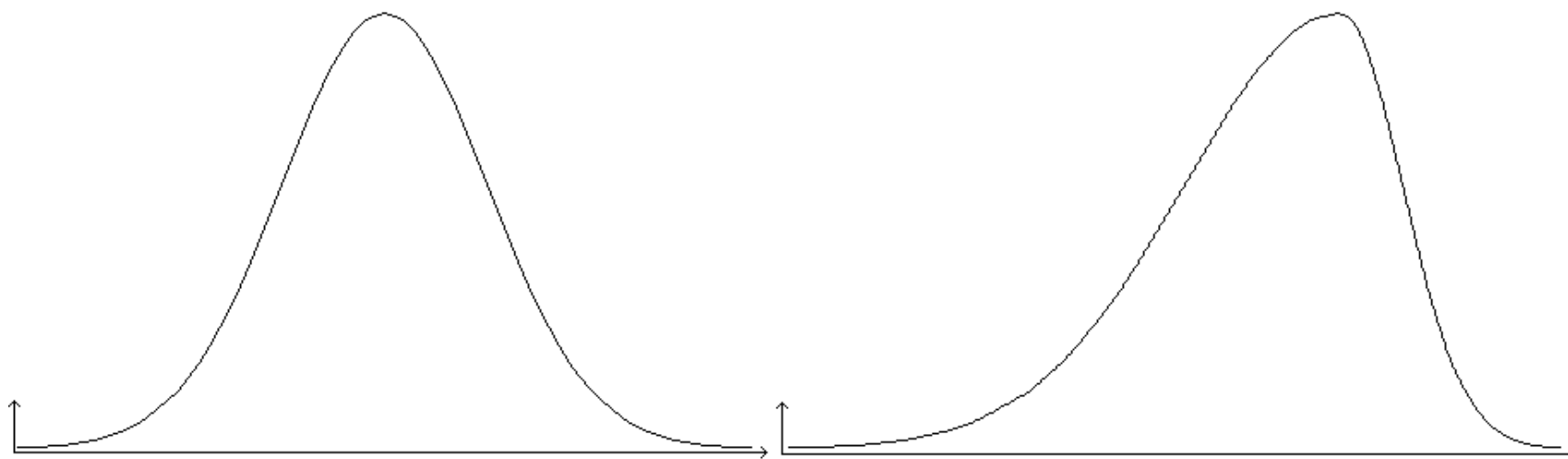
Усилитель Ф - П



Спектральные характеристики усилителей



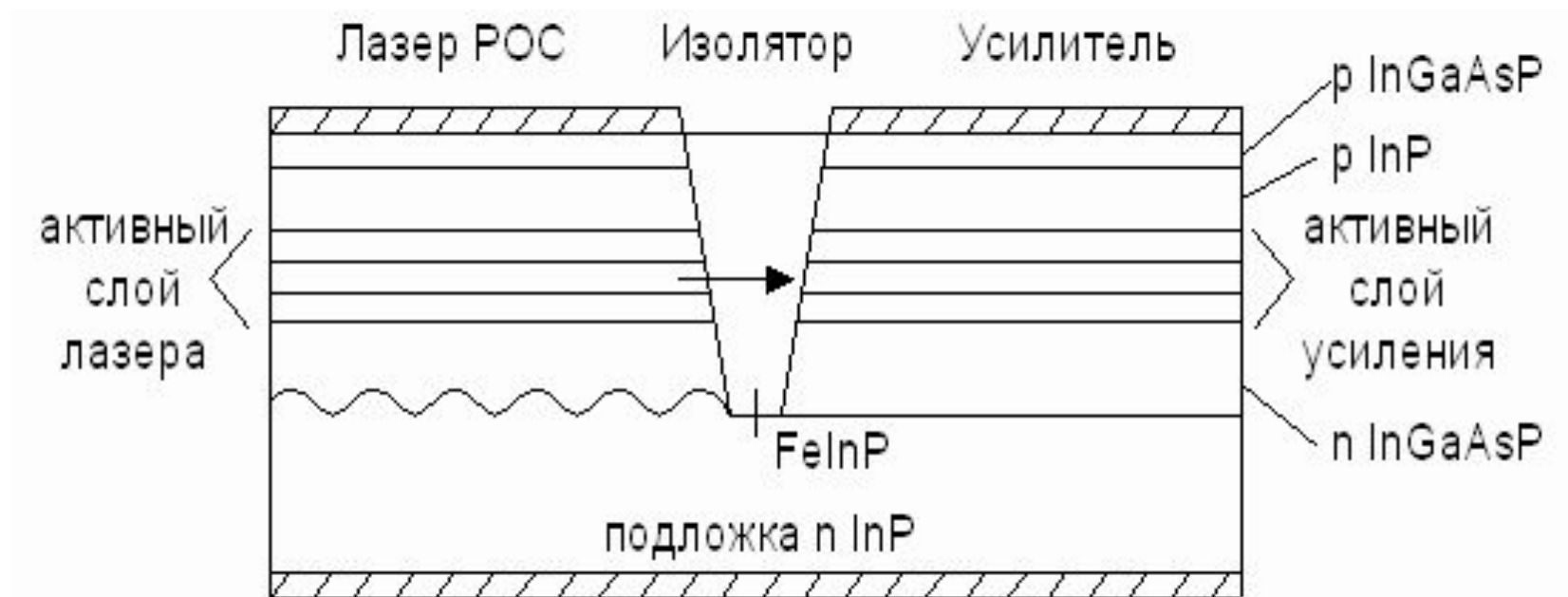
Изменение формы импульса при $t_{\text{И}} < t_{\text{Н}}$



Применение полупроводниковых оптических усилителей

- ✓ В качестве предусилителей перед детектированием оптического сигнала, а также в качестве усилителей мощности в линейных системах для компенсации распределенных потерь в линии, позволяющих увеличить длину регенерационного участка.
- ✓ ППОУ могут быть интегрированы вместе с полупроводниковым лазером для создания эффективного источника в когерентных оптических системах.
- ✓ ППОУ могут быть использованы как компенсаторы дисперсии в оптоволокне.
- ✓ ППОУ, могут быть использованы в качестве оптических коммутаторов для пространственной коммутации или разделения по длинам волн.

Пример конструкции полупроводникового усилителя, совмещенного с лазером передатчика:



Основные нелинейные явления

- ✓ Нелинейное преломление - явление, при котором показатель преломления зависит от интенсивности электрического поля E .
- ✓ Вынужденное неупругое рассеяние - явление, при котором оптическая волна передает часть своей энергии нелинейной среде в результате взаимодействия с молекулами.
- ✓ Модуляционная неустойчивость - явление модуляции стационарного волнового состояния под действием нелинейных и дисперсионных эффектов.
- ✓ Параметрические процессы - явления, вызванные взаимодействием оптических волн с электронами внешних оболочек (четырёхволновое смешение, ЧВС, генерация гармоник и параметрическое усиление).

Вынужденное неупругое рассеяние

- ✓ Вынужденное рамановское / комбинационное рассеяние (ВКР).
- ✓ Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ).

ВКР-усилитель (Рамановский усилитель)

$$I_c < I_{\text{нак}} \quad G_0 = \exp \frac{g_{\text{э}} P_{\text{нак}} L_{\text{эфф}}}{S_{\text{эфф}}} \quad P_{\text{нак}} = I_{\text{нак}} S_{\text{эфф}}$$

I_c - Интенсивность сигнала

$I_{\text{нак}}$ - Интенсивность накачки

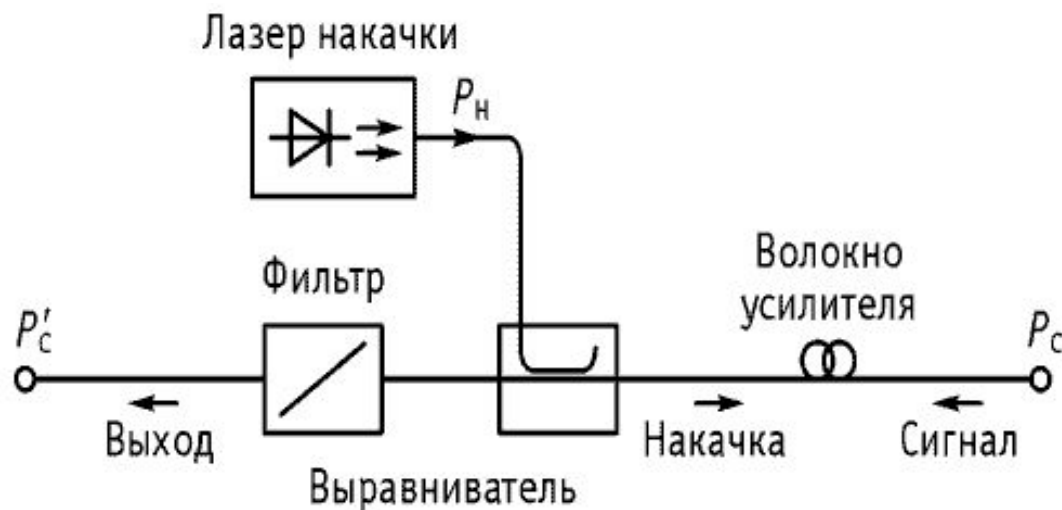
G_0 - Коэффициент усиления

$P_{\text{нак}}$ - Мощность накачки

$L_{\text{эфф}}$ - Эффективная длина ОВ

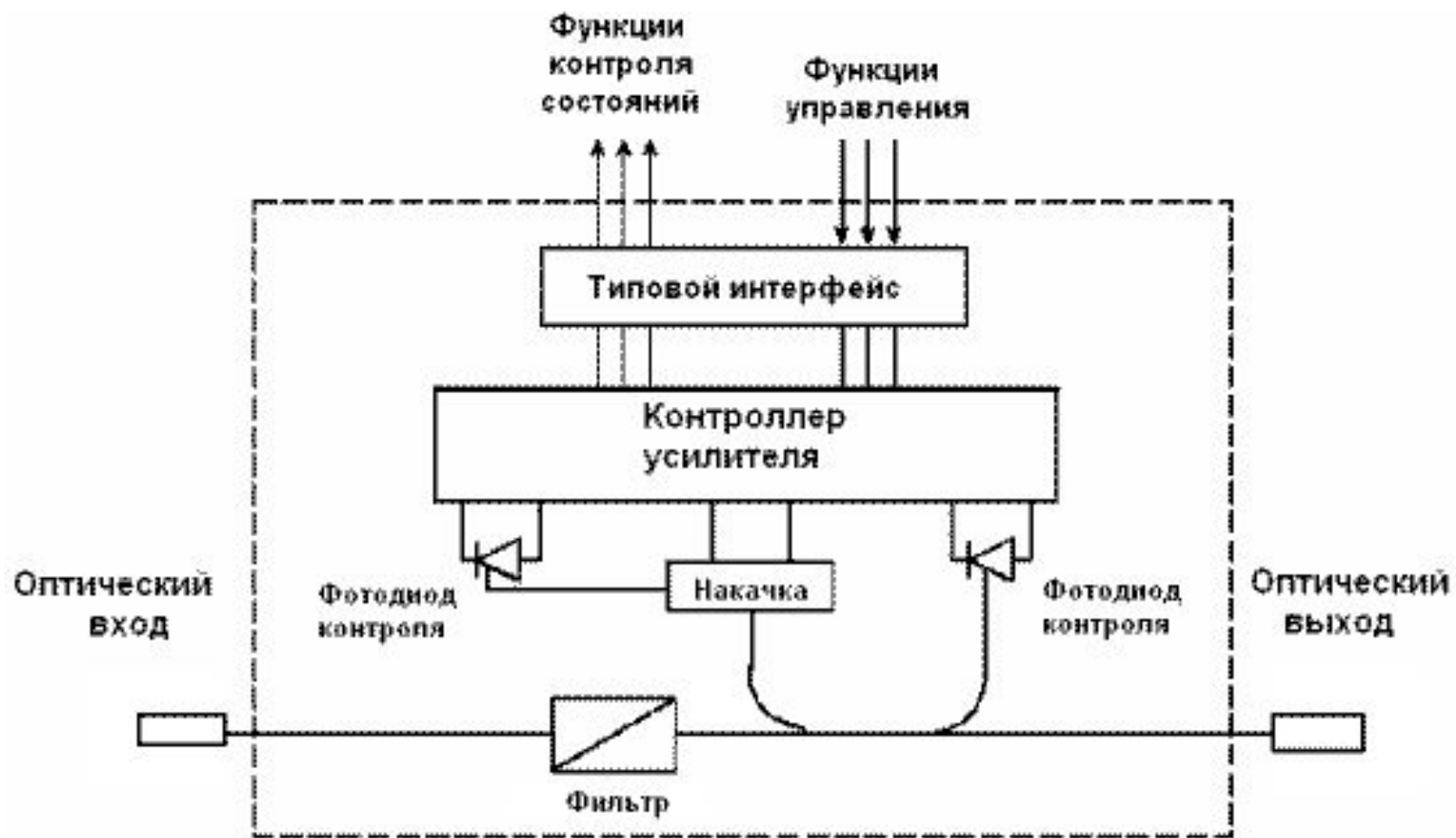
$S_{\text{эфф}}$ - Площадь сечения ОВ

$g_{\text{э}}$ - Эквивалентная крутизна усиления

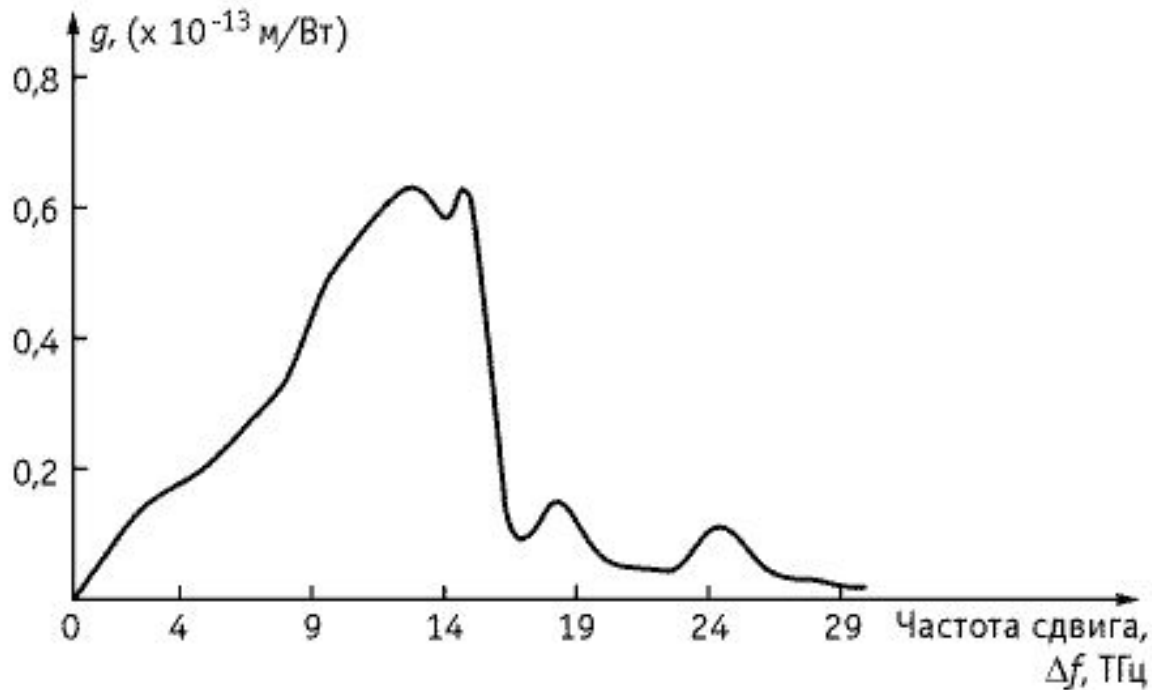


ВКР-усилитель (Рамановский усилитель)

Схема накачки:



Зависимость эквивалентной крутизны усиления от сдвига частоты при $\lambda_{\text{н}} = 1.55$ мкм. в волокне SiO_2



Коэффициент усиления $G_0 = \exp \frac{g_{\text{э}} P_{\text{нак}} L_{\text{эфф}}}{S_{\text{эфф}}}$

Спасибо за внимание!