

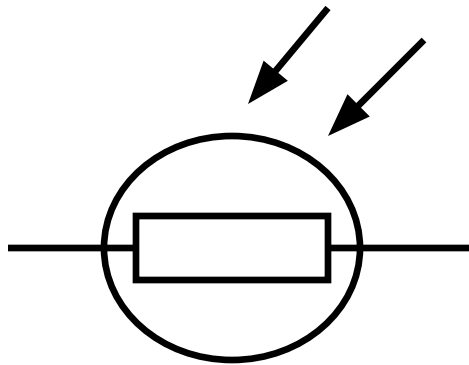
Лекция 13

Элементы оптоэлектроники (часть 1)

1. Фоторезисторы
2. Фотодиоды
3. Фототранзисторы



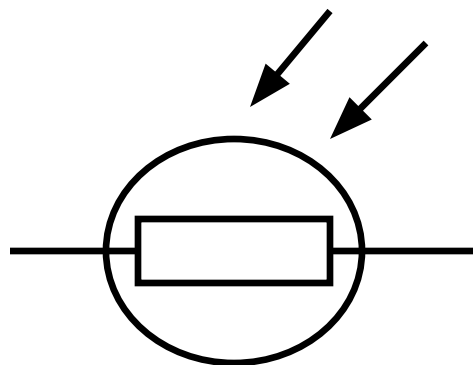
Фоторезисторы



Монокристаллический фоторезистор



Фоторезисторы

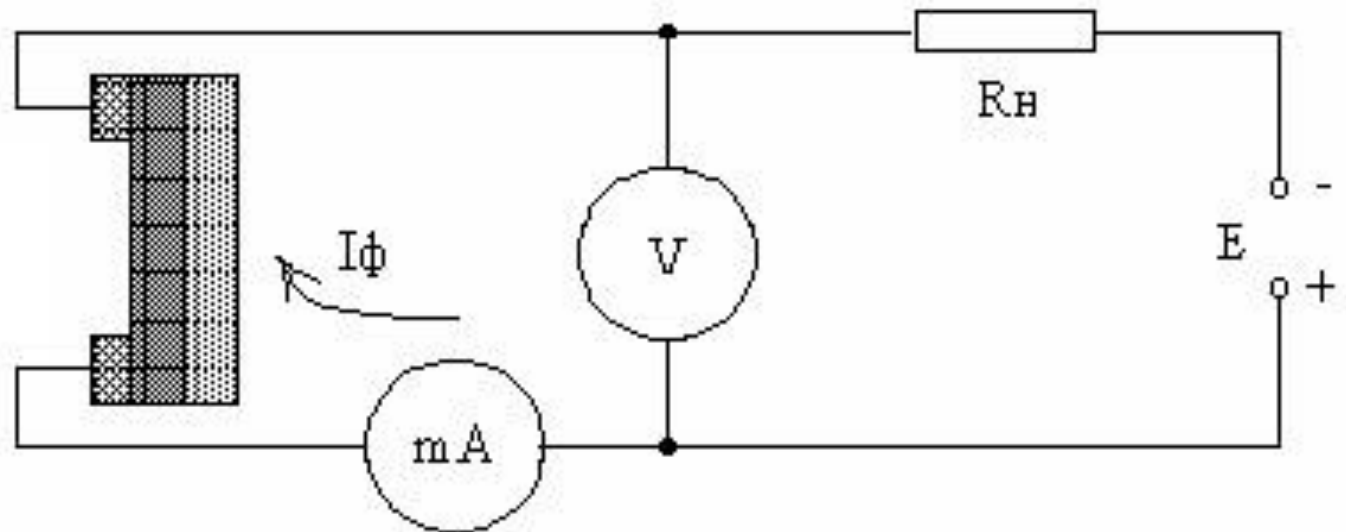


Пленочный фоторезистор



ТЕМНОВОЙ ТОК

$$I_T = E / (R_T + R_H),$$

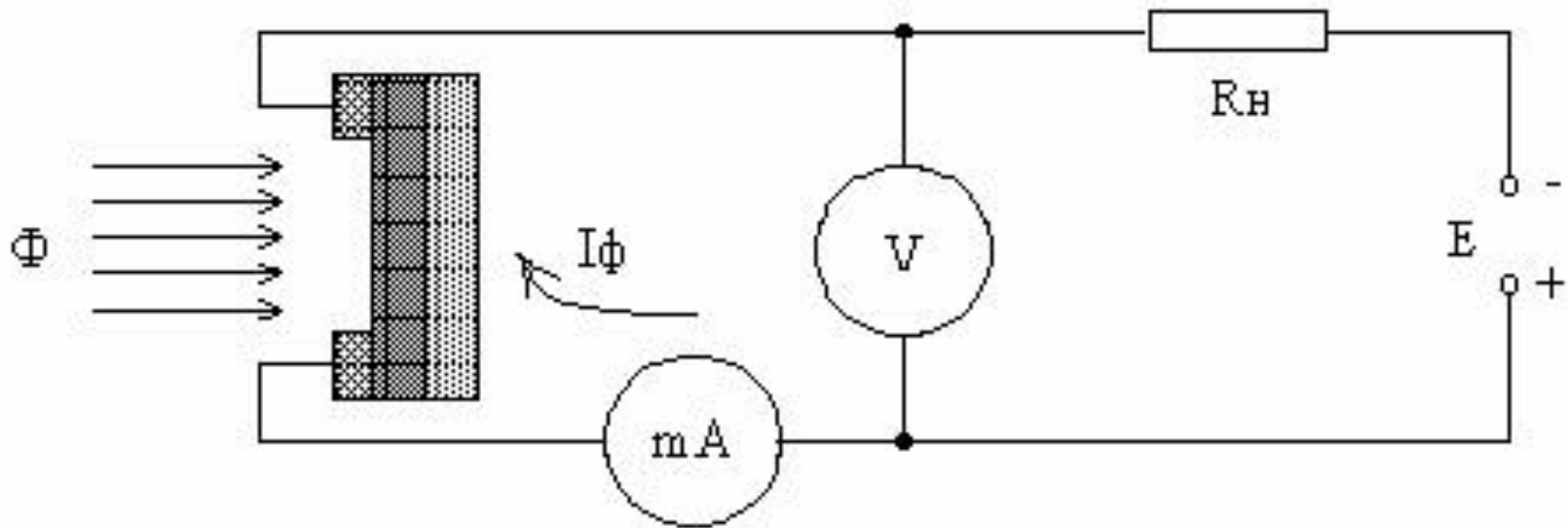


СВЕТОВОЙ ТОК

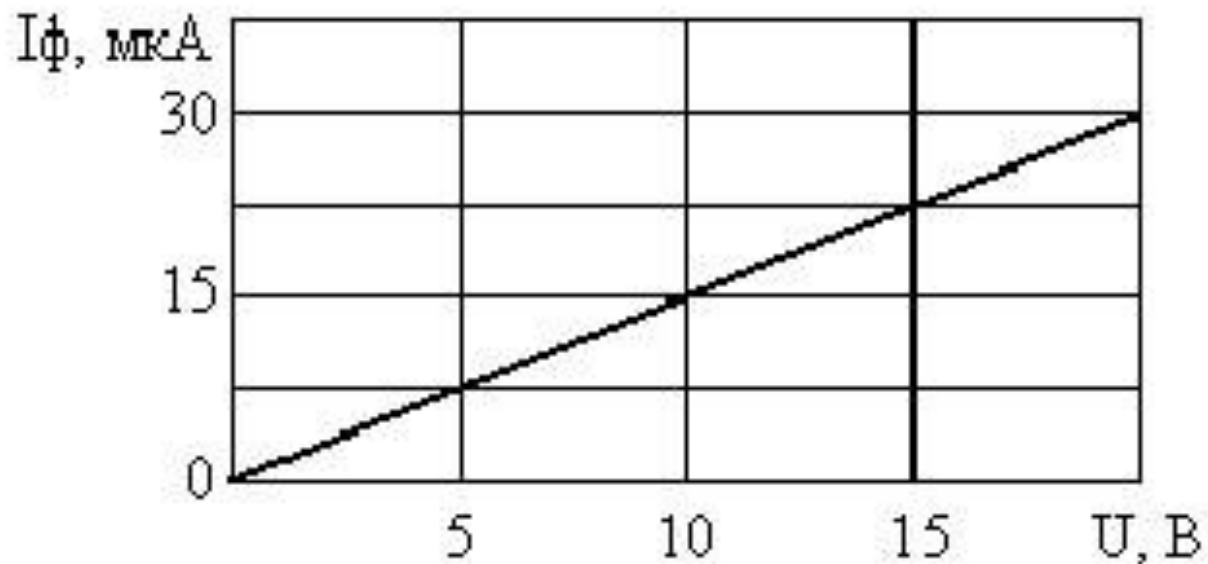
$$I_c = E / (R_c + R_H).$$

первичный фототок проводимости

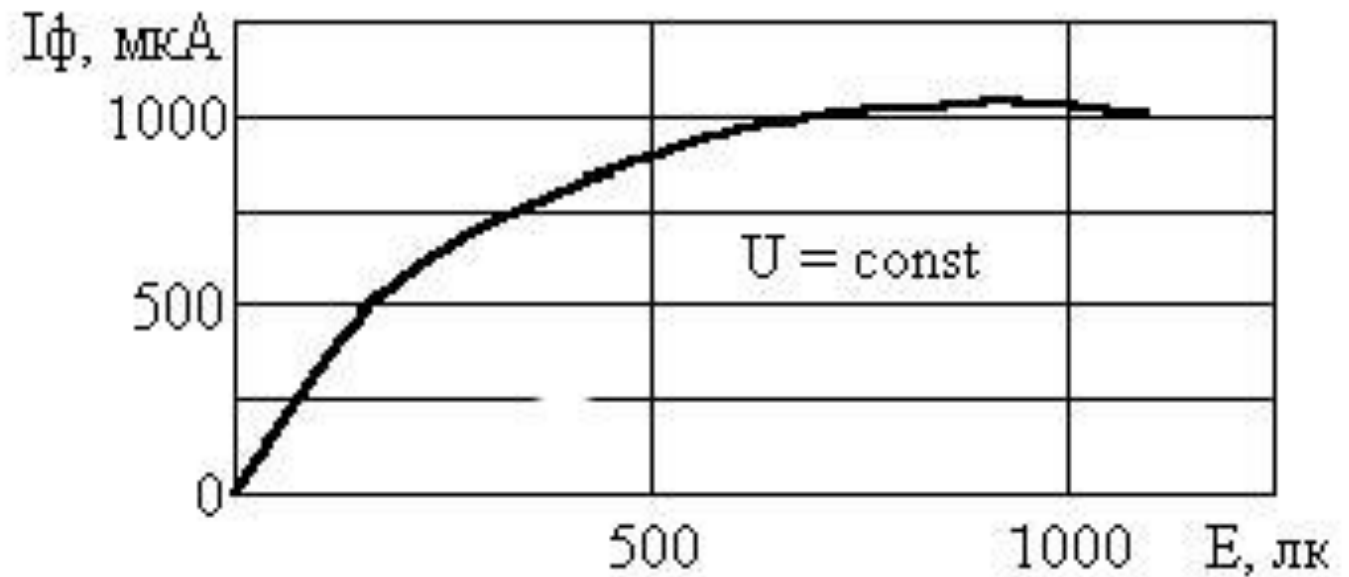
$$I_\phi = I_c - I_T.$$



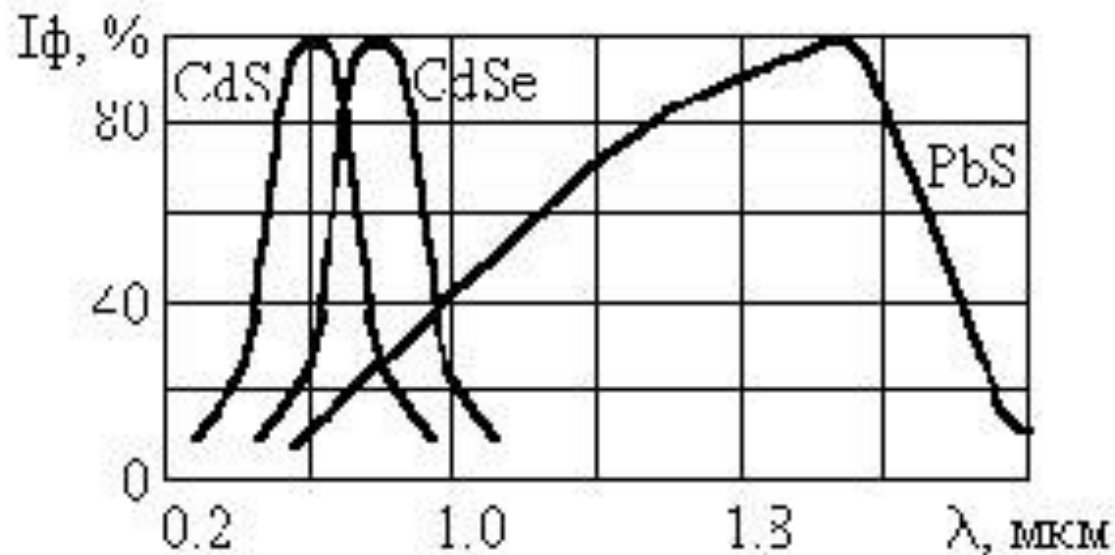
Вольт-амперная характеристика фоторезистора



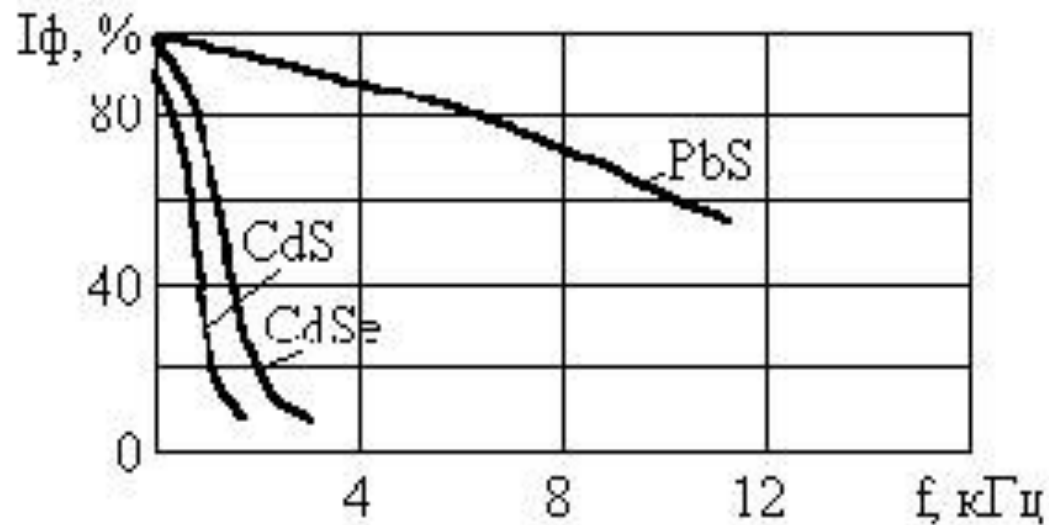
Люкс-амперная характеристика фоторезистора



Спектральная характеристика фоторезистора

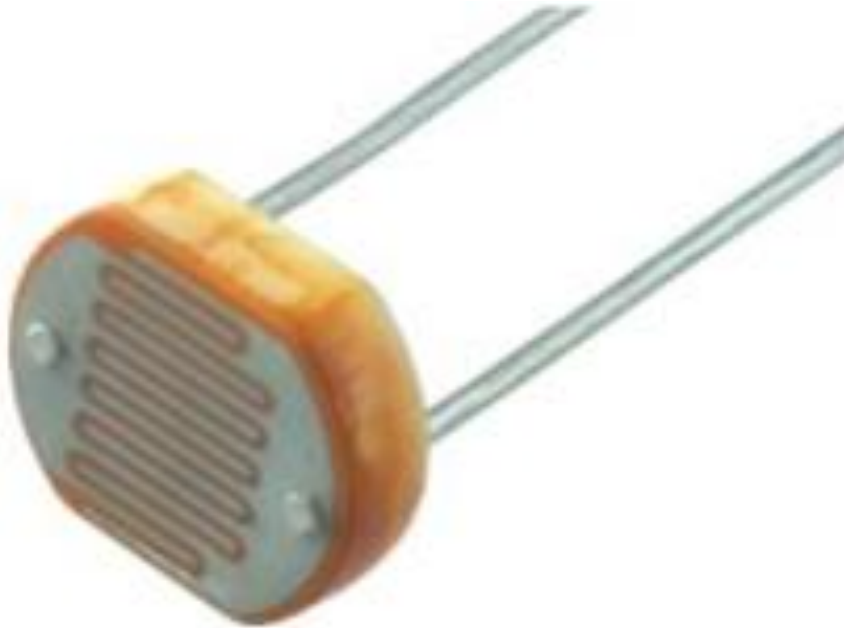


Частотная характеристика фоторезистора



Пример внешнего вида фоторезистора

а) – для навесного монтажа, б) – для поверхностного монтажа



а)



б)



Основные параметры фоторезисторов

Рабочее напряжение U_p – постоянное напряжение, приложенное к фоторезистору, при котором обеспечиваются номинальные параметры при длительной его работе в заданных эксплуатационных условиях.

Максимально допустимое напряжение фоторезистора U_{max} – максимальное значение постоянного напряжения, приложенного к фоторезистору, при котором отклонение его параметров от номинальных значений не превышает указанных пределов при длительной работе в заданных эксплуатационных условиях.



Основные параметры фоторезисторов

Темновое сопротивление R_t – сопротивление фоторезистора в отсутствие падающего на него излучения в диапазоне его спектральной чувствительности.

Световое сопротивление R_c – сопротивление фоторезистора, измеренное через определенный интервал времени после начала воздействия излучения, создающего на нем освещенность заданного значения.



Основные параметры фоторезисторов

Кратность изменения сопротивления K_R – отношение темнового сопротивления фоторезистора к сопротивлению при определенном уровне освещенности (световому сопротивлению).

Допустимая мощность рассеивания P – мощность, при которой не наступает необратимых изменений параметров фоторезистора в процессе его эксплуатации.



Основные параметры фоторезисторов

Общий ток фоторезистора – ток, состоящий из темнового тока и фототока.

Фототок – ток, протекающий через фоторезистор при указанном напряжении на нем, обусловленный только воздействием потока излучения с заданным спектральным распределением.



Основные параметры фоторезисторов

Удельная чувствительность – отношение фототока к произведению величины падающего на фоторезистор светового потока на приложенное к нему напряжение,

$$\text{мкА} / (\text{лм} \cdot \text{В})$$

$$K_0 = I_{\phi} / (\Phi U),$$



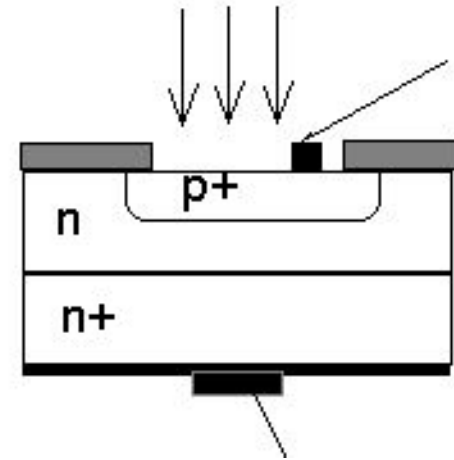
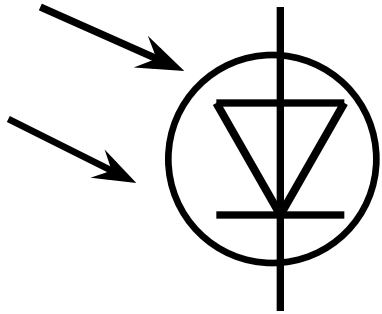
Основные параметры фоторезисторов

Интегральная чувствительность – произведение удельной чувствительности на предельное рабочее напряжение $S_{\text{инт}} = K_0 U_{\text{max}}$.

Постоянная времени τ_{ϕ} – время, в течение которого фототок изменяется на 63%.

Постоянная времени характеризует инерционность прибора и влияет на вид его частотной характеристики.





$$I = I_{\Phi} - I_S (e^{U/\phi_T} - 1)$$

где $I_{\Phi} = Si \cdot \Phi$ - фототок

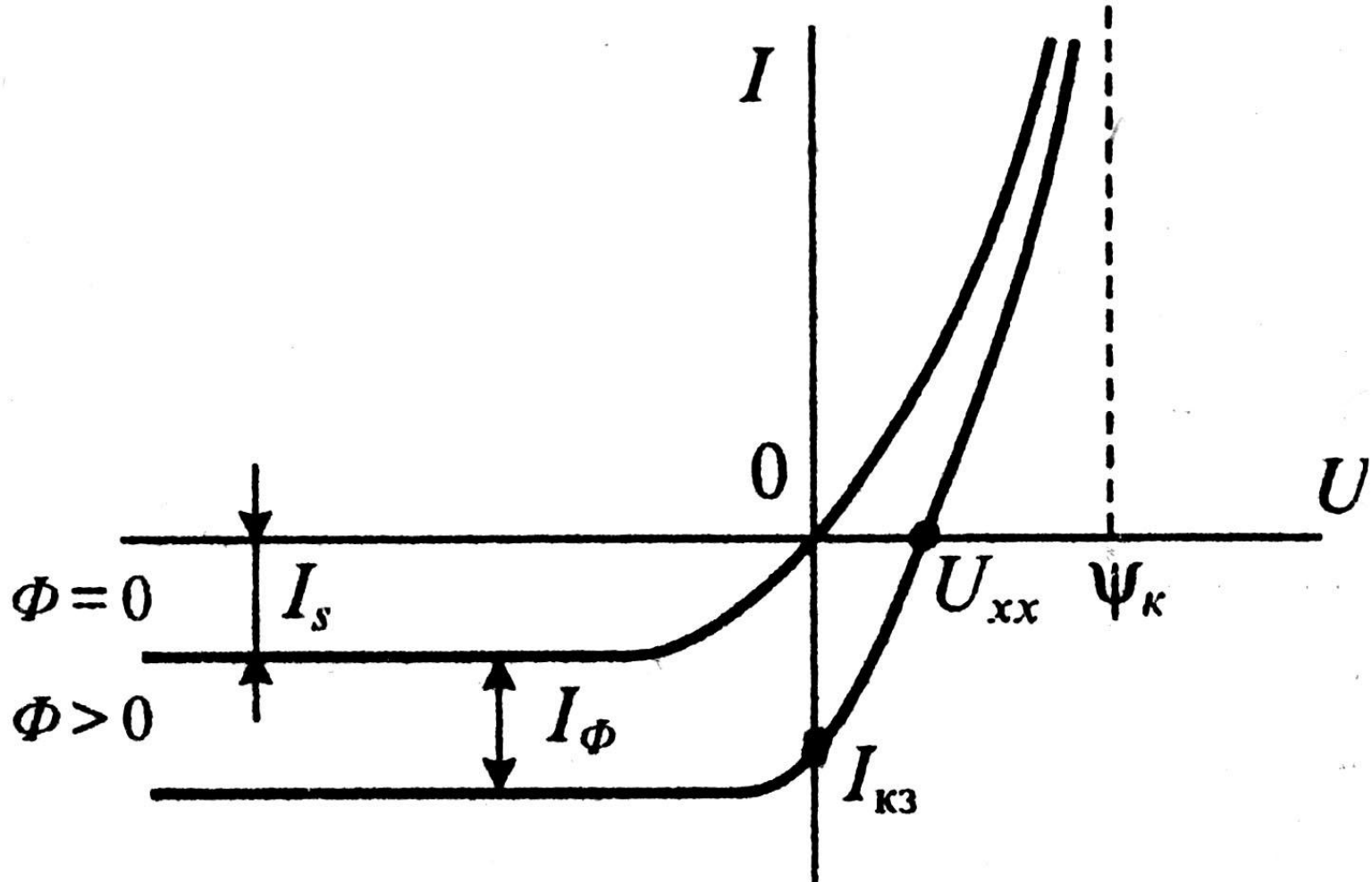
I_S – обратный ток

Si - интегральная чувствительность

Φ – световой поток



Вольт-амперная характеристика



Режим короткого замыкания

$$U=0$$

$$I_{\text{ОБЩ}} = I_{\Phi} = Si\Phi$$

Режим холостого хода

$$I=0$$

$$U_x = E_{\Phi} = \phi_T \ln(1 + S_{\text{ИНТ}} \Phi / I_0)$$

При интенсивном облучении $1 \ll S_{\text{ИНТ}} / I_0$

$$E_{\Phi} \approx \phi_T \ln(I_{\Phi} / I_0)$$



Схема включения фотодиода с нагрузкой и построение нагрузочной характеристики

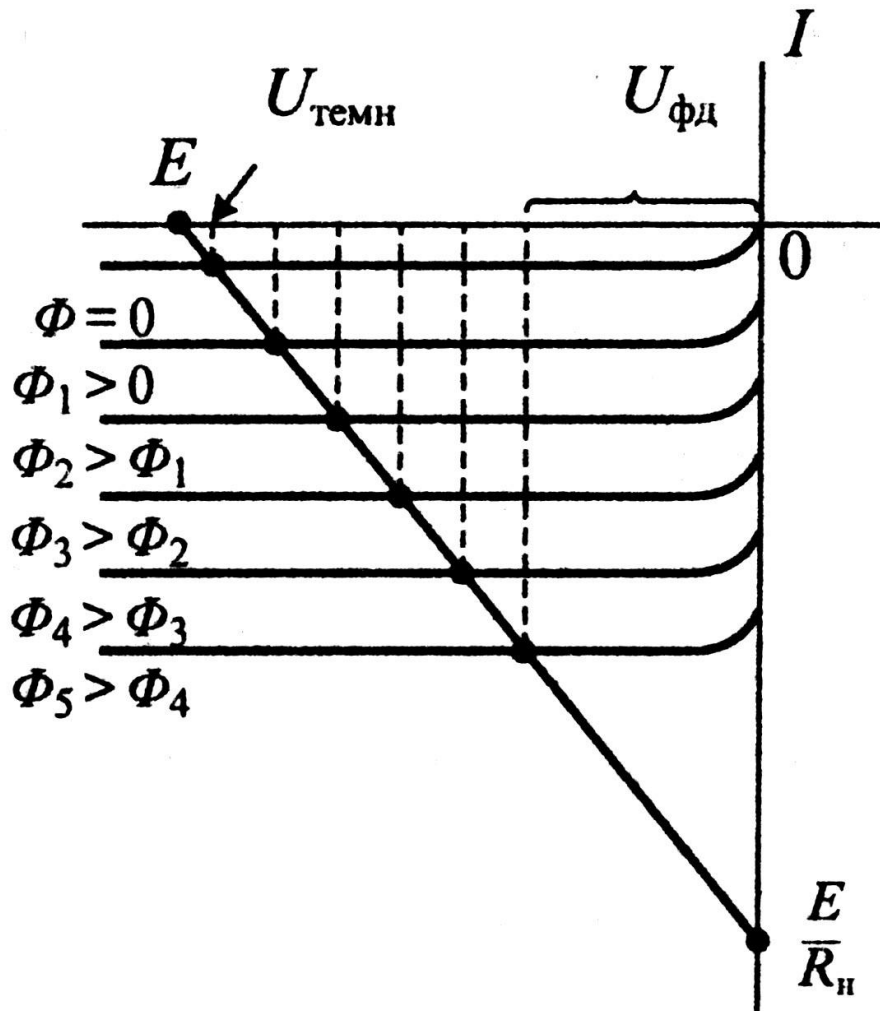
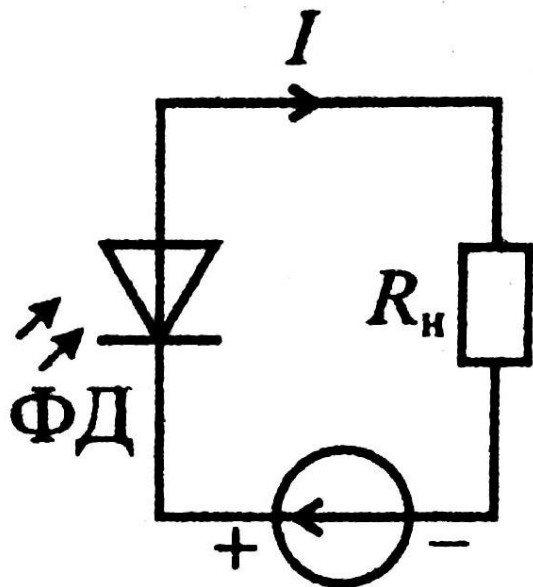
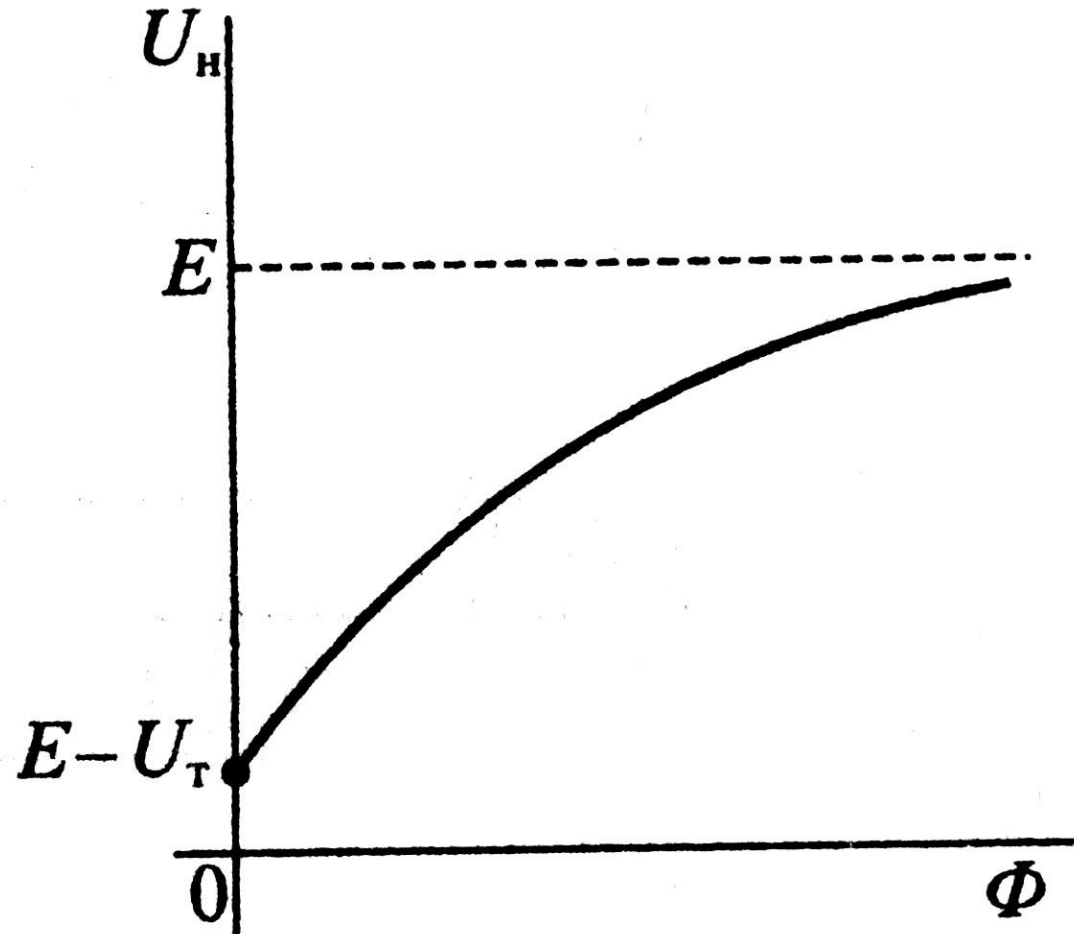


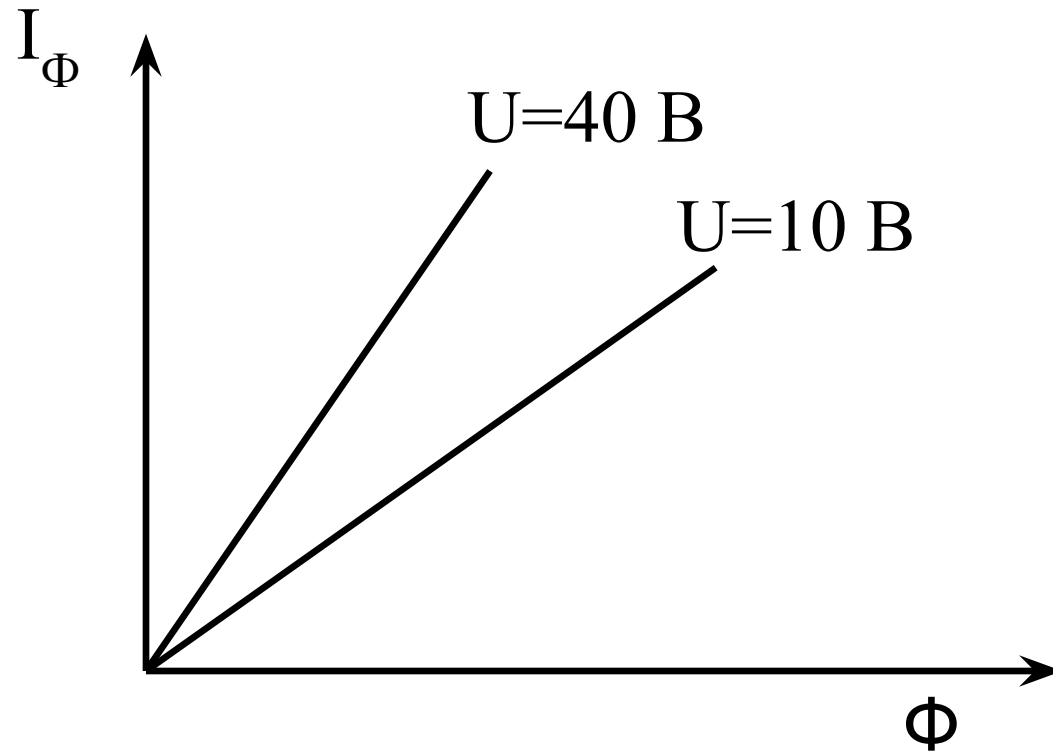
График напряжения на нагрузке



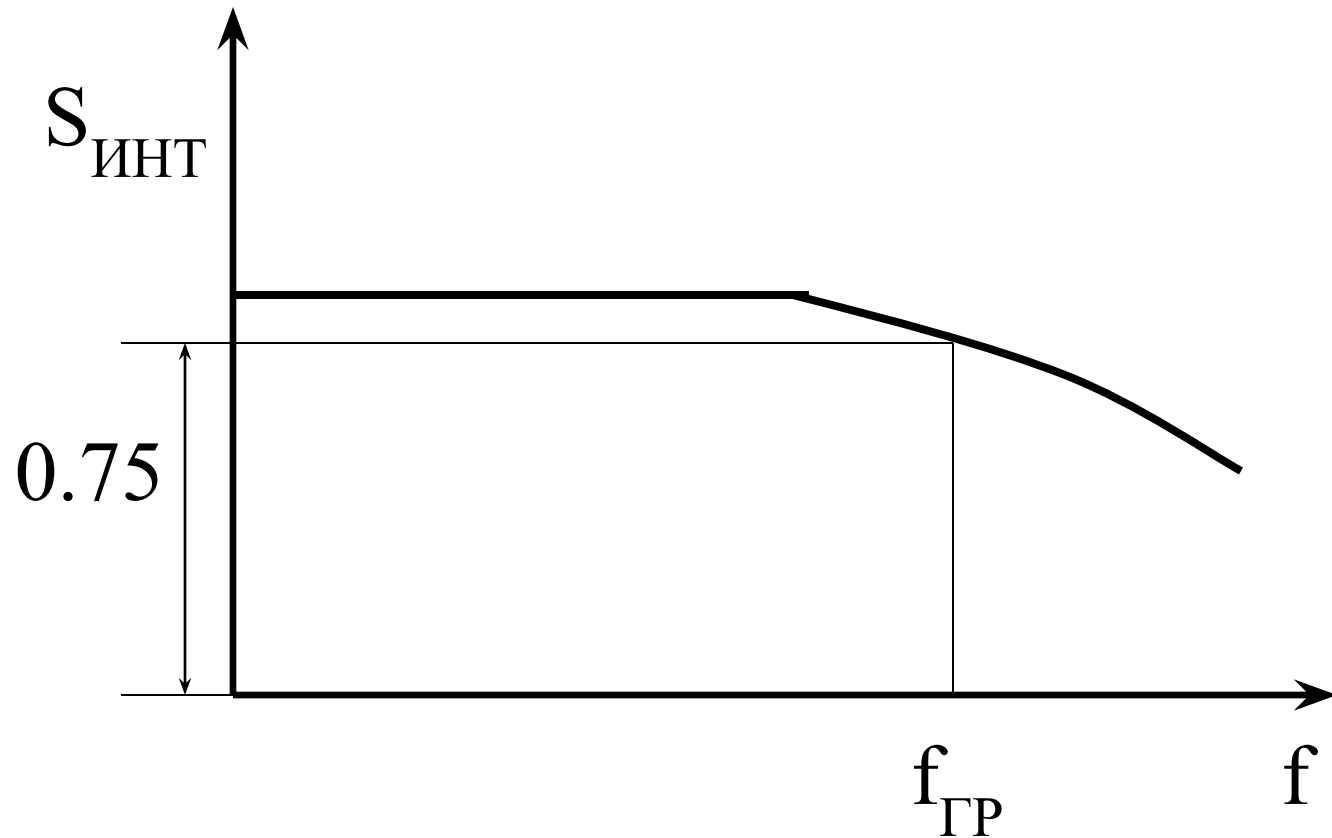
$$U_H = E - U_D$$



Энергетические характеристики

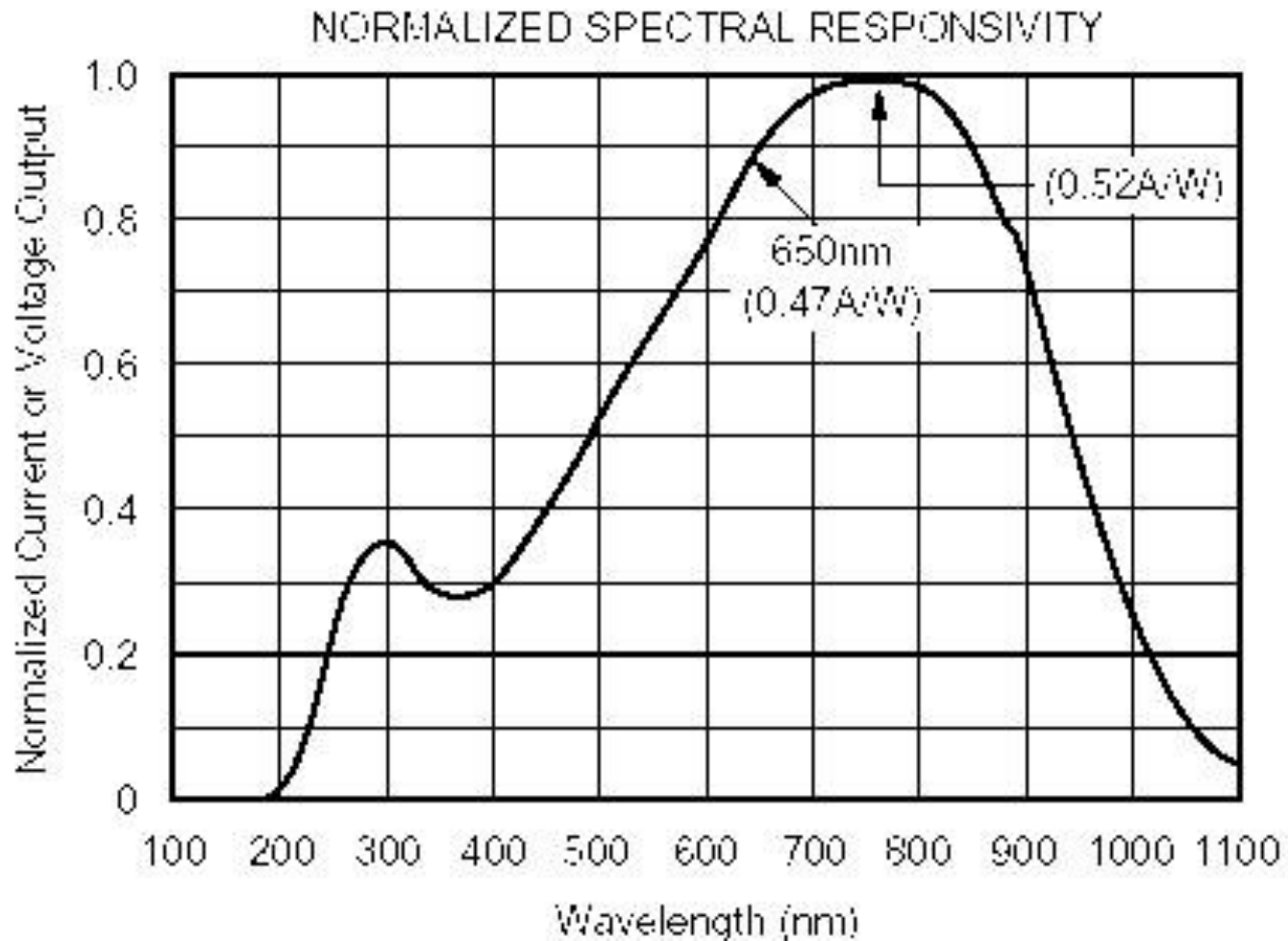


Частотные характеристики

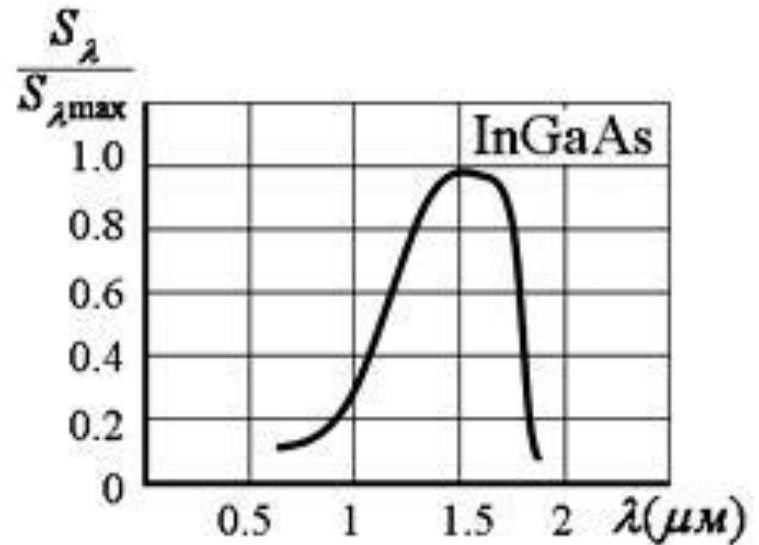
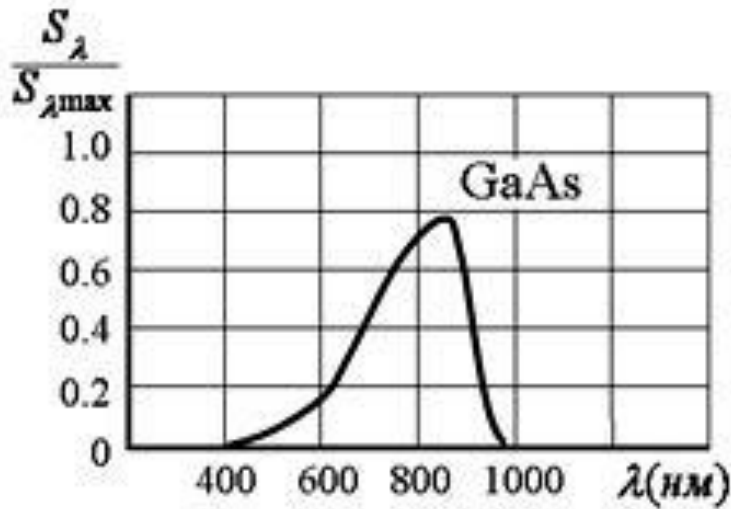
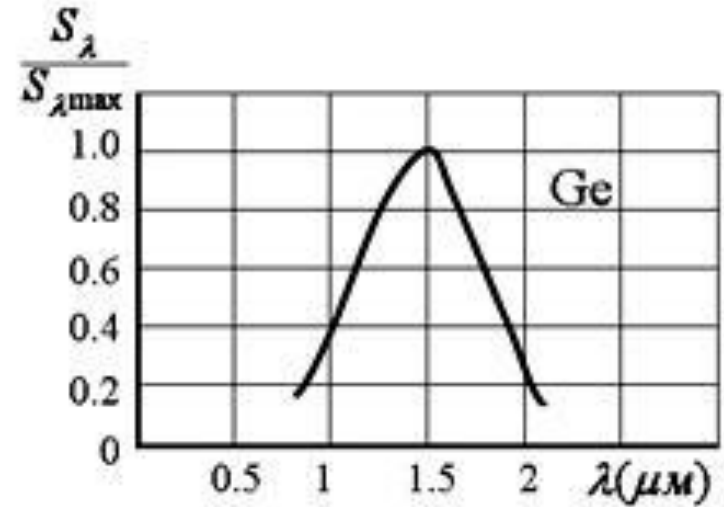
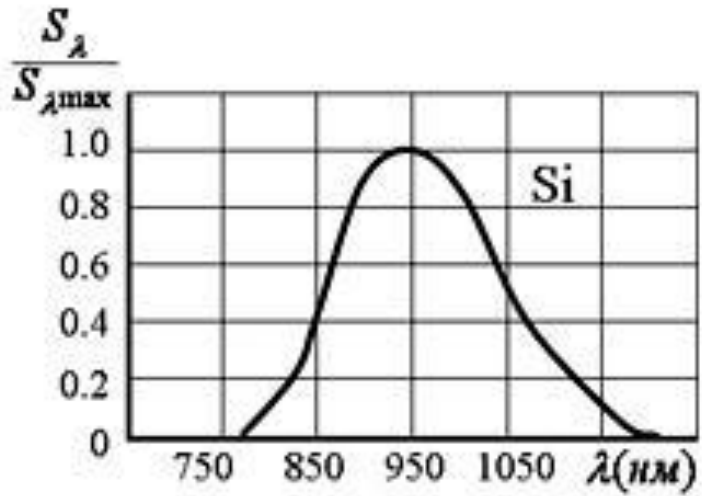


Фотодиоды

Спектральная характеристика $S(\lambda)$

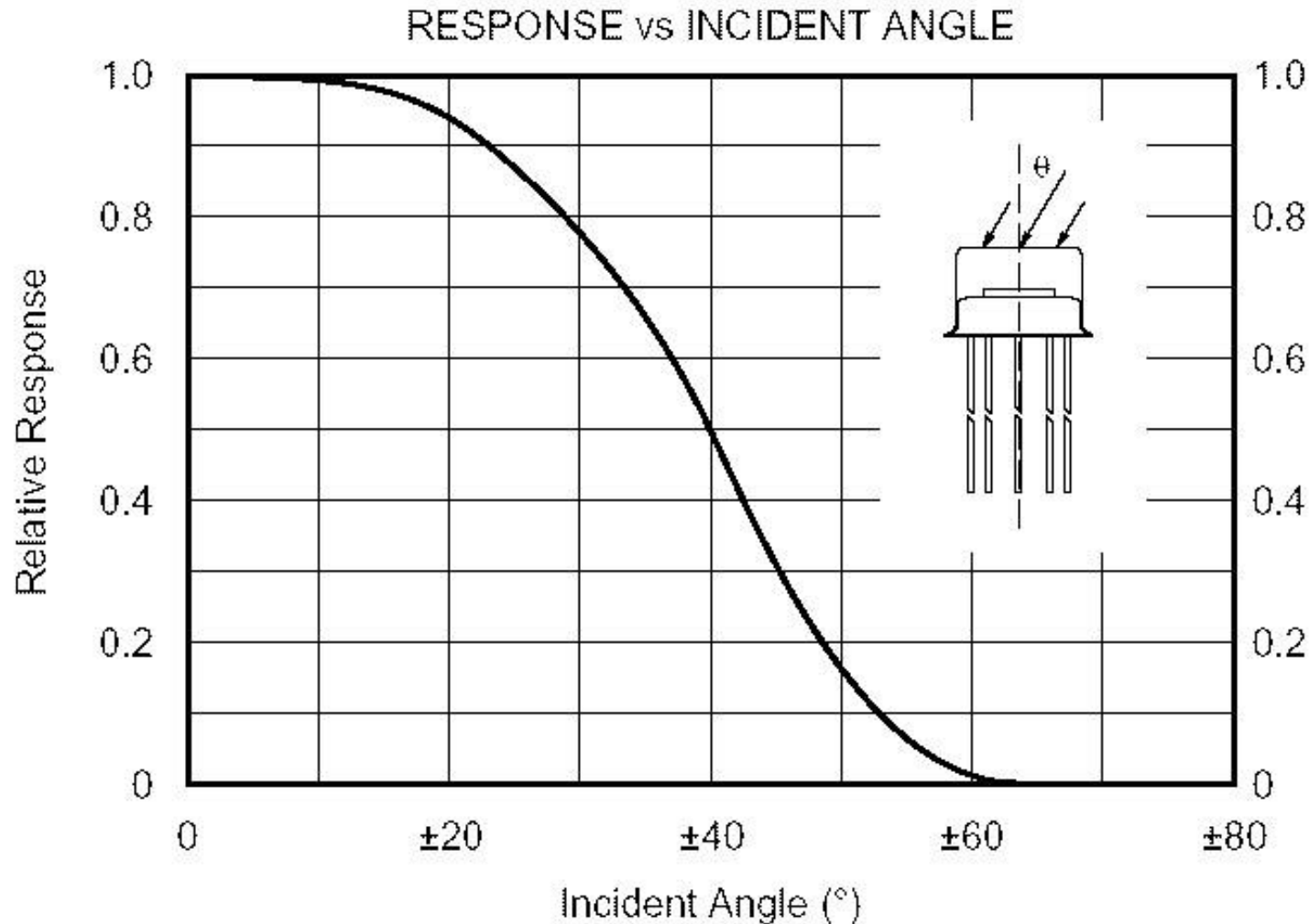


Спектральная характеристика $S(\lambda)$



Фотодиоды

Зависимость чувствительности от угла падения света



Фотодиоды

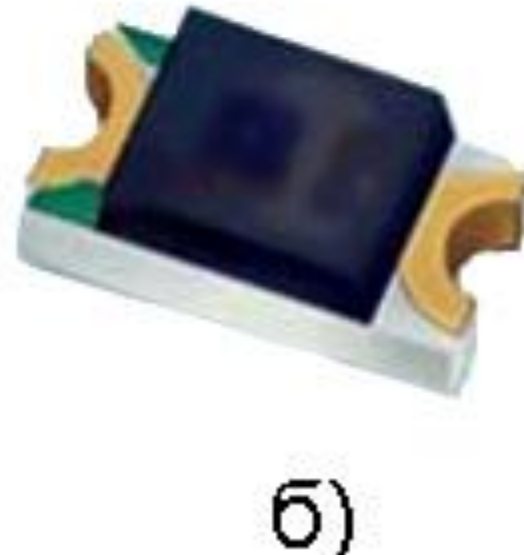
Основные параметры

- Диапазон длин волн принимаемого излучения;
- Интегральная чувствительность S_i ;
 - Темновой ток I_T ;
- Номинальное рабочее напряжение $U_{\text{ОБР.НОМ}}$;
- Максимально допустимое обратное напряжение $U_{\text{ОБР.МАХ}}$;
- Постоянная времени нарастания фототока τ_H



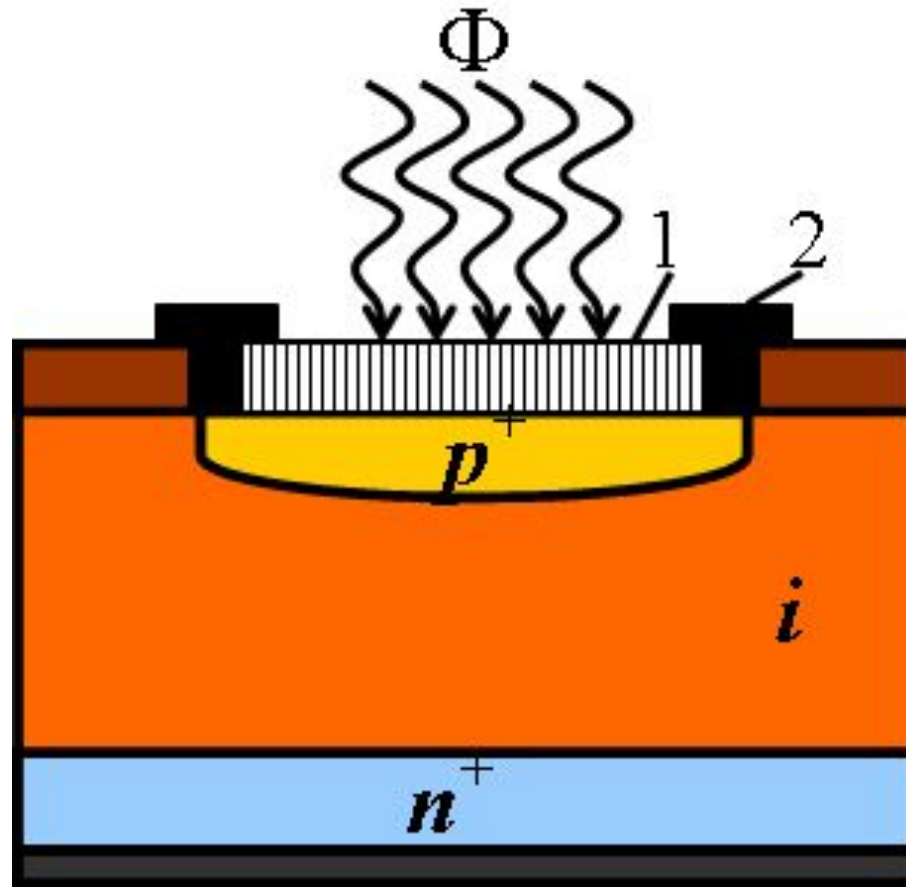
Пример внешнего вида фотодиода

а) – для навесного монтажа, б) – для поверхностного монтажа



Примеры конструкции

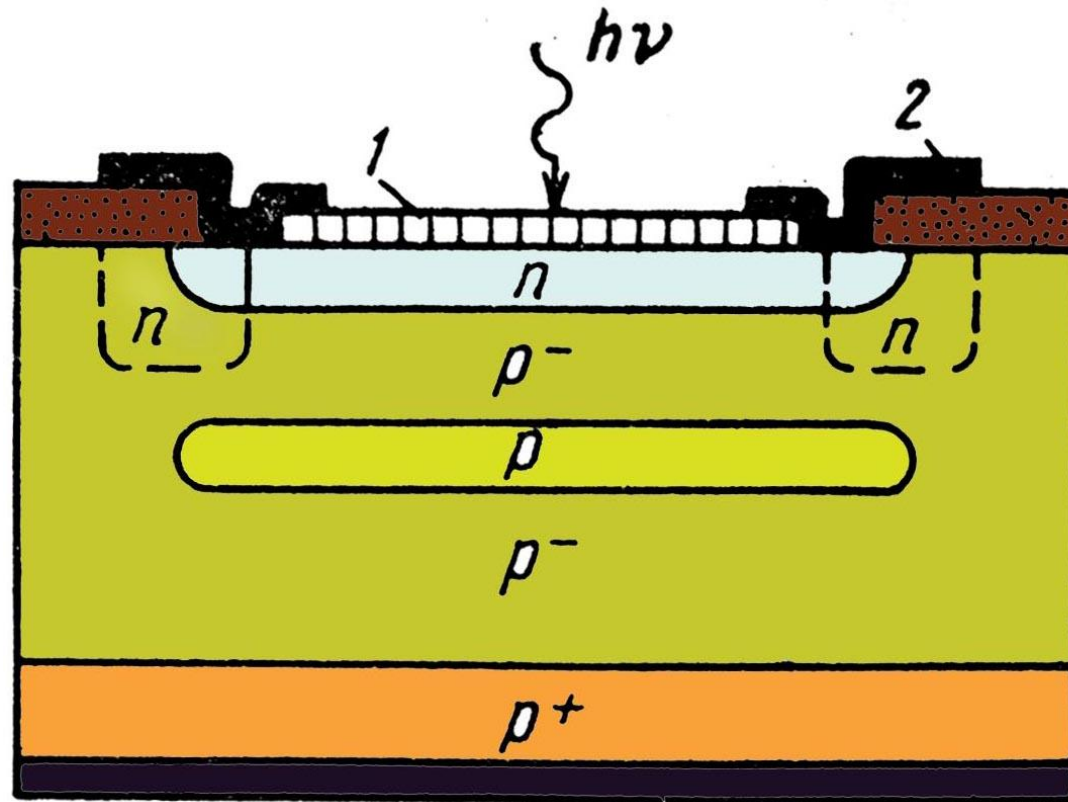
р-і-п фотодиод



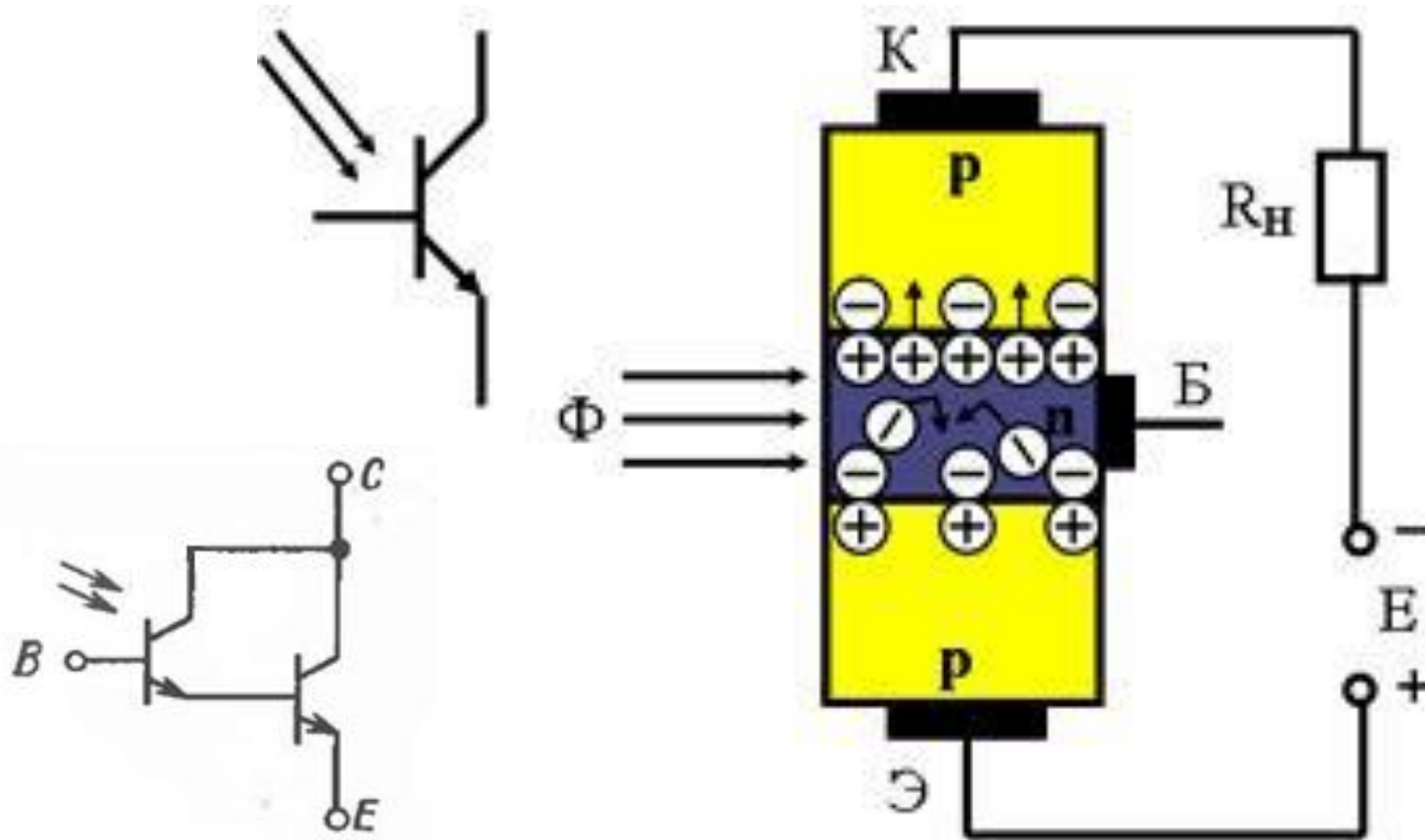
Фотодиоды

Примеры конструкции

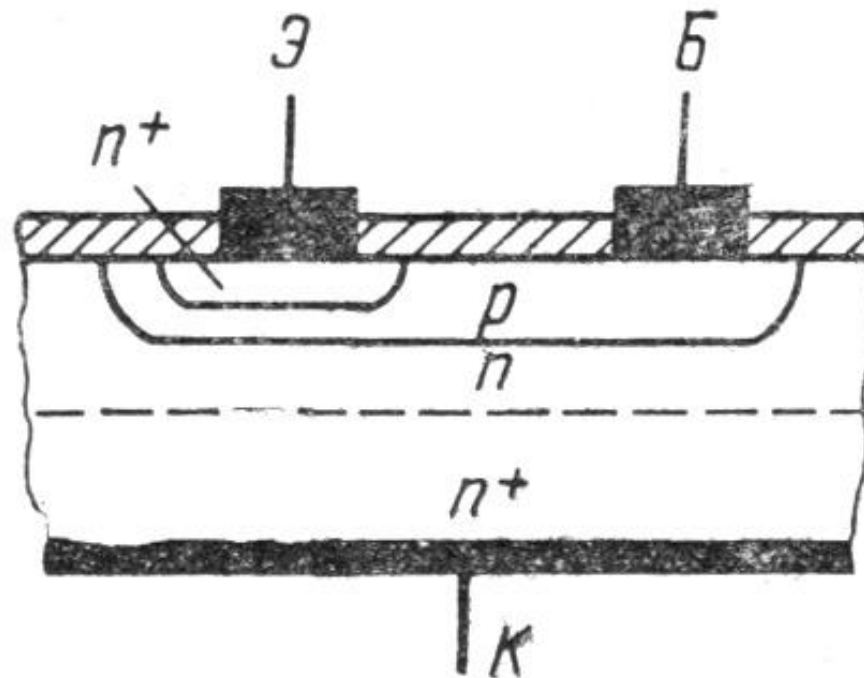
Лавинный фотодиод



Фототранзисторы

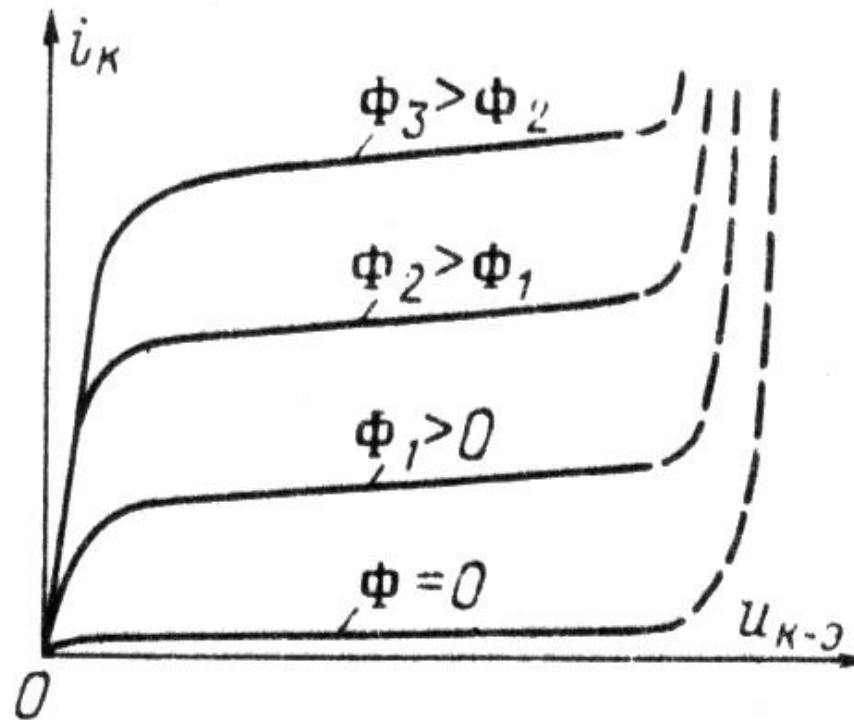


Фототранзисторы

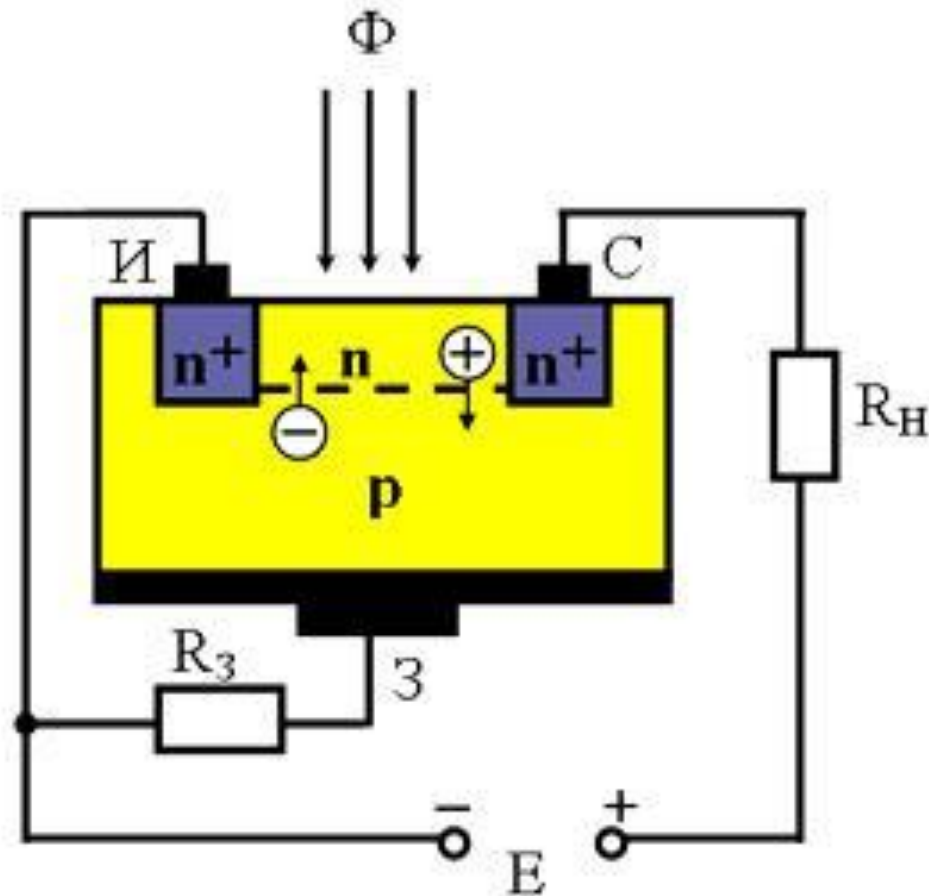


Фототранзисторы

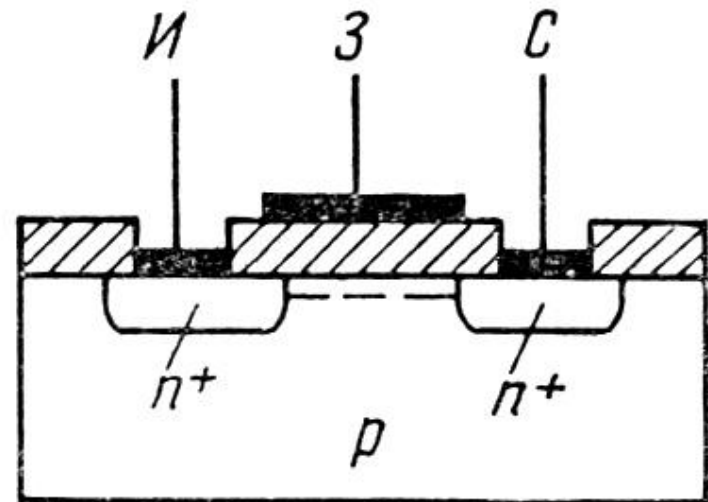
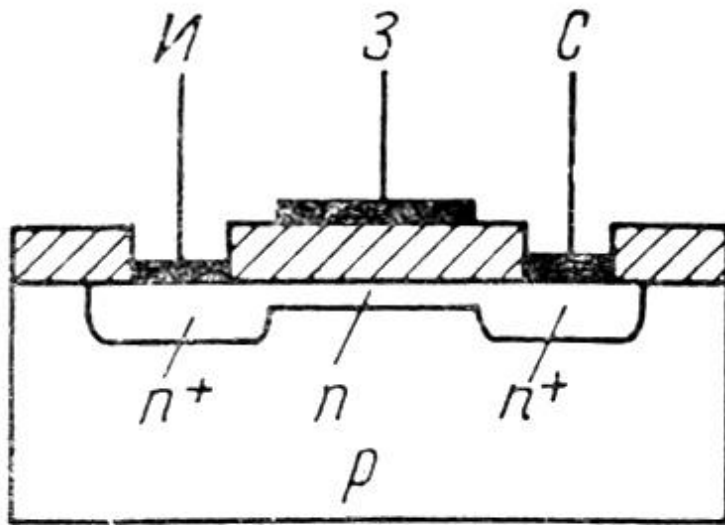
Выходные характеристики



Структура и схема включения полевого фототранзистора с каналом **n**-типа



Фототранзисторы



Примеры внешнего вида фототранзисторов: а) - для навесного монтажа, б) - для поверхностного монтажа



а)



б)



Параметры фототранзисторов :

- интегральная чувствительность;
- рабочее напряжение (10-15 В);
- темновой ток (до сотен микроампер);
- рабочий ток (до десятков миллиампер);
- максимальная допустимая рассеиваемая мощность (до десятков милливатт);
- граничная частота.



Домашнее задание

Привести примеры схем устройств
с рассмотренными
оптоэлектронными приборами

