

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.В. Глазачев
ЭЛЕКТРОНИКА 1.1



ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Оптоэлектронные полупроводниковые приборы

Оптоэлектроника – раздел науки и техники, в котором изучаются вопросы генерации, обработки, запоминания и хранения информации на основе совместного использования оптических и электрических явлений.

Оптоэлектронный (фотоэлектрический) полупроводниковый прибор – это полупроводниковый прибор, излучающий или преобразующий электромагнитное излучение, чувствительный к этому излучению в инфракрасной, видимой или ультрафиолетовой областях спектра или использующий подобное излучение для внутреннего взаимодействия его элементов.

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

По принципу действия фотоэлектрические приборы подразделяются на приборы, использующие внешний фотоэффект и внутренний фотоэффект.

Внешний фотоэффект – это явление выбивания электронов с поверхности металла под действием светового излучения.

Приборами, в которых используется явление внешнего фотоэффекта, являются **фотоэлементы** и **фото-электронные умножители**.

Внутренний фотоэффект наблюдается в полупроводниковых материалах при облучении их поверхности лучами света.

Внутренний фотоэффект применяется в таких фото-электрических приборах как: **фоторезисторах, фотодиодах, фототранзисторах и фототиристорах**.

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

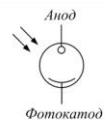
Фотоэлектрические приборы на основе внешнего фотоэффекта

Фотоэлементы

Фотоэлемент представляет собой стеклянную колбу, в которой создан вакуум и размещены два электрода: **фотокатод** и **анод**.



а

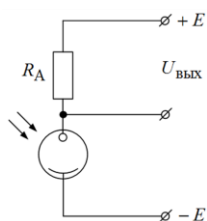


б

Цезиевый фотоэлемент (а);
условное графическое обозначение фотоэлементов (б)

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

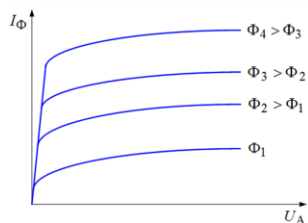
Схема включения фотоэлемента



ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Вольт-амперная характеристика фотоэлемента

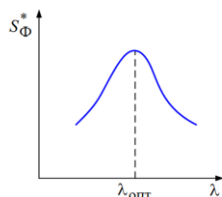
$$I_{\Phi} = f(U_A)_{\Phi = \text{const}}$$



ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Спектральная характеристика фотоэлемента

$$S_{\Phi}^* = f(\lambda)$$



ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Основные параметры фотоэлементов:

1. **Чувствительность** – это отношение фототока к вызвавшему этот ток потоку излучения

$$K = \frac{I_{\Phi}}{\Phi} \Big|_{U_a = \text{const}}$$

2. **Пороговая чувствительность** – минимальный световой поток, при котором полезный электрический сигнал фотоэлемента становится различим на уровне помех.

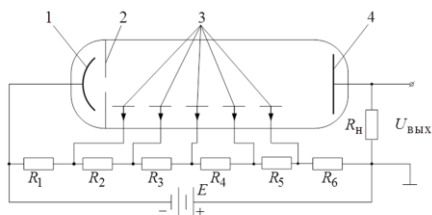
3. **Внутреннее сопротивление**

$$R_i = \frac{\Delta U_A}{\Delta I_{\Phi}} \Big|_{\Phi = \text{const}}$$

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Фотоэлектронный умножитель

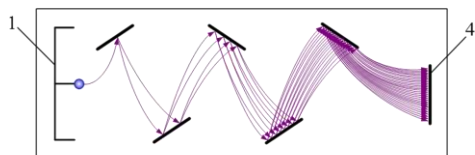
Фотоэлектронный умножитель – электровакуумный прибор, в котором фотоэлемент дополнен устройством усиления фототока за счет вторичной электронной эмиссии.



Включение фотоумножителя с пятью анодами вторичной эмиссии

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Расположение электродов в фотоумножителе



Коэффициент усиления фотоэлектронного умножителя:

$$K_y = \frac{I_A}{I_0} = \sigma^n$$

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

**Фотоэлектрические приборы
на основе внутреннего фотоэффекта**

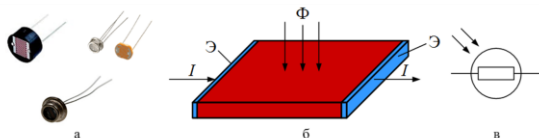
Фоторезисторы

В фоторезисторах используется явление изменения сопротивления вещества под действием инфракрасного, видимого или ультрафиолетового излучения.

Принципиально возможно две конструкции фоторезисторов: *поперечная* и *продольная*.

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

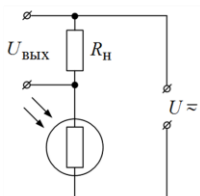
**Фоторезистор (а), поперечная конструкция
фоторезистора (б); условное графическое обозначение (в)**



В качестве исходного материала фоторезистора чаще всего используется *теллуристый кадмий* (CdTe), *селенистый теллур* (TeSe), *сернистый висмут* (BiS), *сернистый кадмий* (CdS) и др.

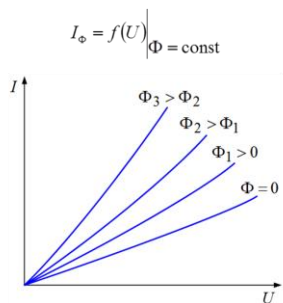
ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Схема включения фоторезистора



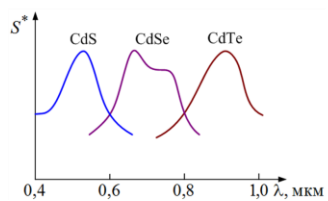
ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Вольт-амперная характеристика фоторезистора



ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Относительные спектральные характеристики фоторезисторов



ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Основными параметрами фоторезисторов являются:

1. *Чувствительность* $K = \frac{I_{\Phi}}{\Phi} \Big| E = \text{const}$

2. *Номинальное значение фототока* $I_{\Phi \text{ ном}}$

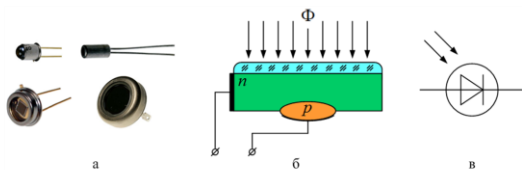
3. *Темновое сопротивление* $R_{\text{темн}}$

4. *Рабочее напряжение* $U_{\text{раб}}$

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Фотодиоды

Конструкция фотодиода (а), структура (б) и условное графическое обозначение фотодиода (в)



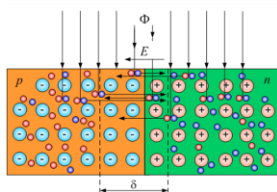
Фотодиод используют в двух включениях: **фотодиодном** и **фотогоальваническом**.

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Фотогоальваническое включение

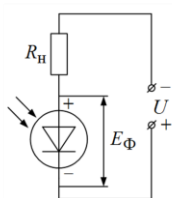


Процесс генерации свободных носителей заряда



ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

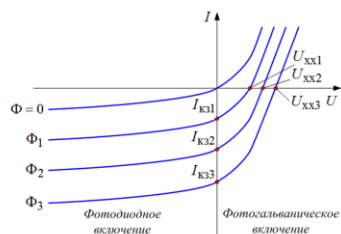
Фотодиодное включение



ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

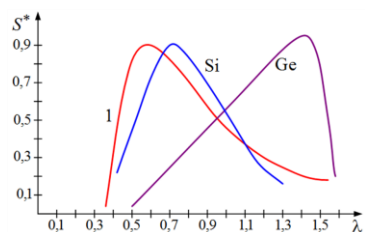
Вольт-амперная характеристика фотодиода

$$I_{\Phi} = f(U) \Big|_{\Phi = \text{const}}$$



ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Спектральные характеристики



ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Основными параметрами фотодиодов являются:

1. Чувствительность $K = \frac{I_{\text{св}}}{\Phi}$

2. Рабочее напряжение $U_{\text{раб}}$

3. Динамическое сопротивление $R_d = \left. \frac{\Delta U}{\Delta I} \right|_{\Phi = \text{const}}$

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1



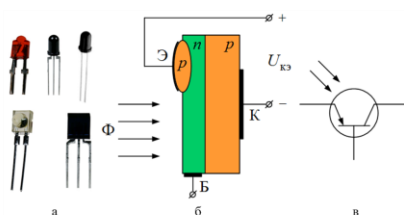
ЭЛЕКТРОНИКА 1.1



ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Фототранзисторы

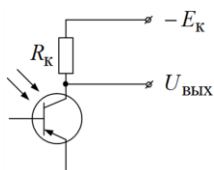
Фототранзистор – это полупроводниковый фото-электрический прибор с двумя $p-n$ -переходами.



Конструкции фототранзисторов (а); структура (б) и условное графическое обозначение фототранзистора (в)

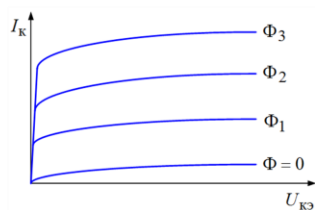
ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

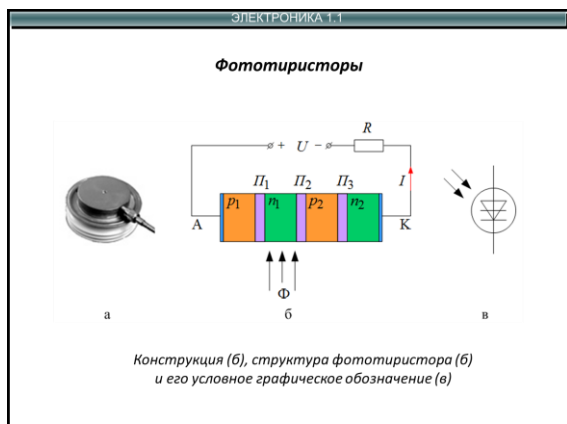
Включение фототранзистора по схеме с общим эмиттером

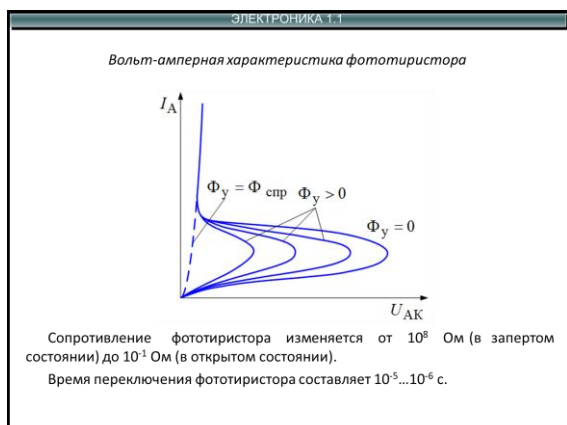


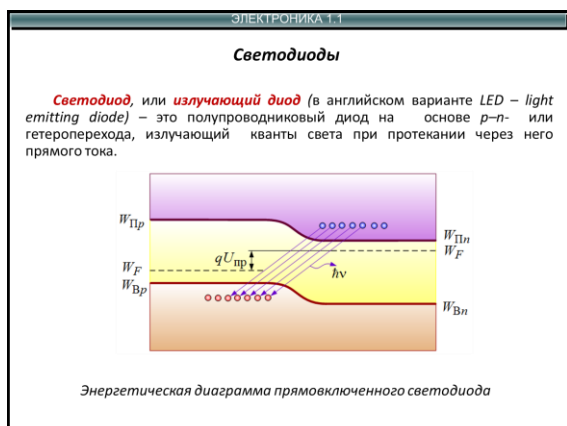
ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Вольт-амперные характеристики фототранзистора









ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

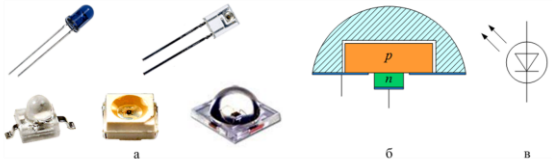
Композитные материалы, используемые в светодиодах

SiC	карбид кремния	красно-оранжевый
GaAs	арсенид галлия	красный
GaAlAs	алюминат арсенида галлия	желтый, зеленый
GaAlP	алюминат фосфида галлия	красный, зеленый
ZnS	сернистый цинк	красный
ZnTe	теллурид цинка	зеленый

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

По характеристике излучения светодиоды разделяют на две группы:

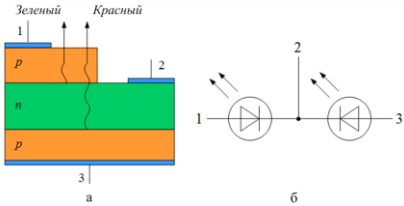
- ✓ Светодиоды с излучением в видимой части спектра;
- ✓ Светодиоды с излучением в инфракрасной и ультрафиолетовой части диапазона.



Конструкции светодиодов (а); структура (б) и условное графическое обозначение светодиода (в)

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Структура двухцветного светодиода (а);
условное графическое обозначение двухцветного светодиода (б)



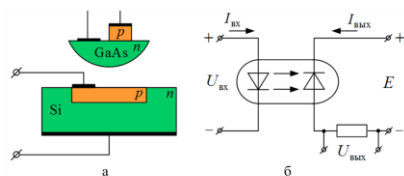
ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

Оптоэлектронные устройства

Оптроны — это приборы, в которых содержится источник и приемник излучения с определенными видами оптической и электрической связи между ними, конструктивно связанные друг с другом.



ЭЛЕКТРОНИКА 1.1



Структура фотодиодного оптрона (а) и схема его включения (б)

ЭЛЕКТРОНИКА 1.1

