

## Раздел 3. Лекция 3.1.2. Фотогальванический эффект в р-п переходе. Фотодиод. Фотоэлемент. Солнечная батарея

---

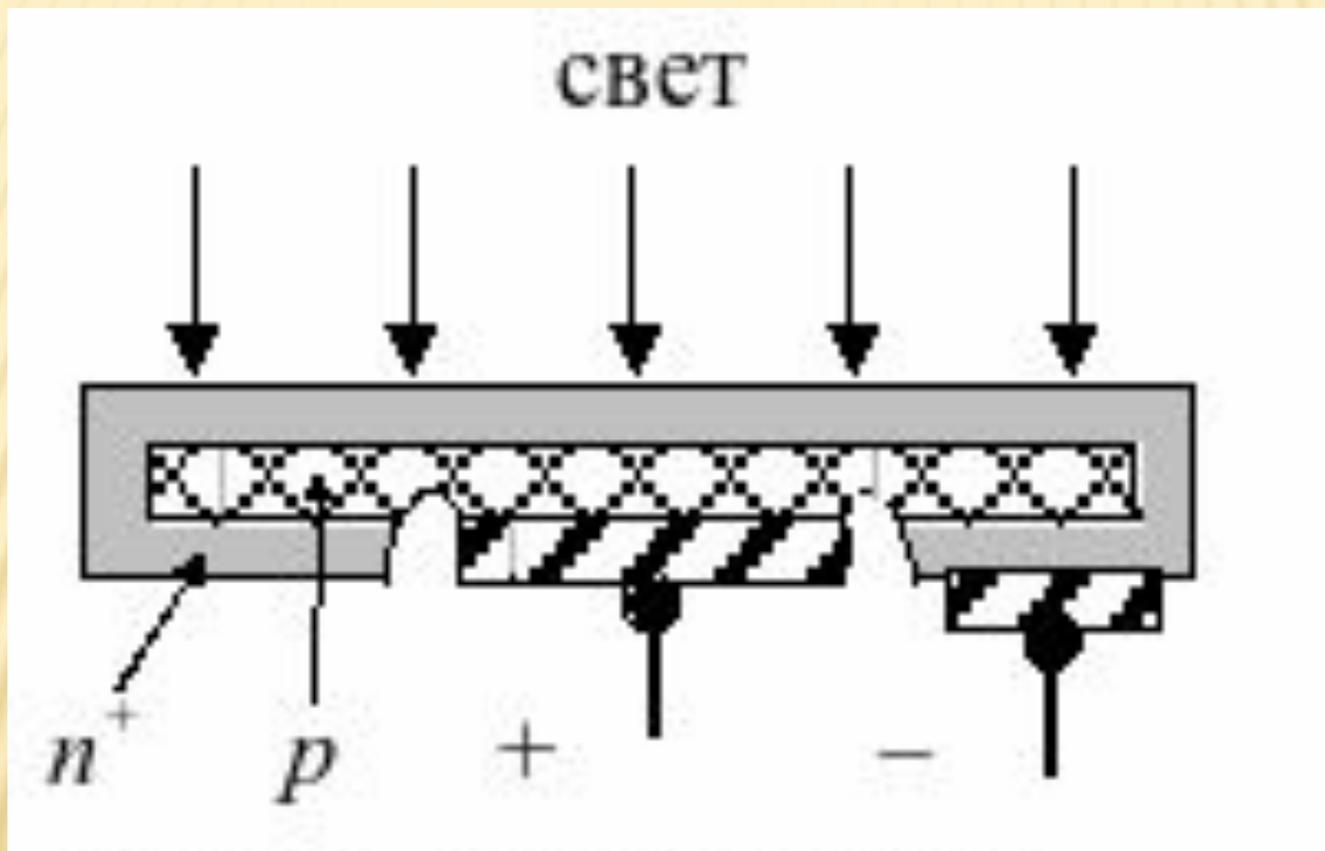
### Учебные вопросы:

- 1. Фотогальванический эффект в р-п переходе.
- 2. Фотоэлемент.
- 3. Солнечная батарея.
- 4. Фотодиод.
- 5. Практическое применение.

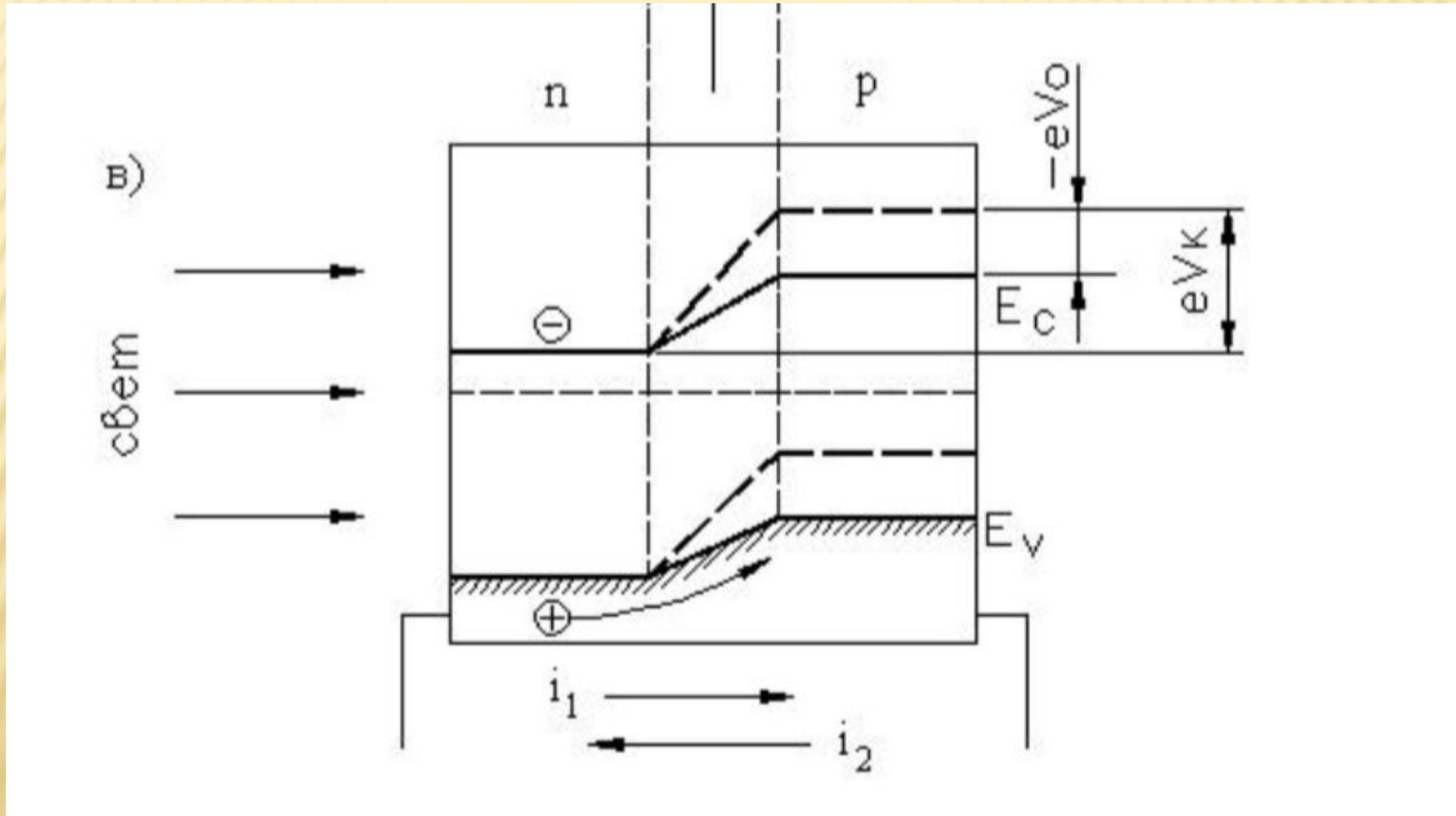
# Фотогальванический эффект в р-п переходе. Фотоэлемент. Солнечная батарея. Фотодиод.

- *Фотогальваническим (вентильным фотоэффектом) эффектом* называется явление возникновения электродвижущей силы (фотоэдс) при освещении ***р-п-*** перехода в полупроводниках или контакта металл-полупроводник.
- Полупроводниковый фотоэлемент - это полупроводниковый прибор с выпрямляющим электрическим переходом, предназначенный для непосредственного преобразования световой энергии в электрическую.

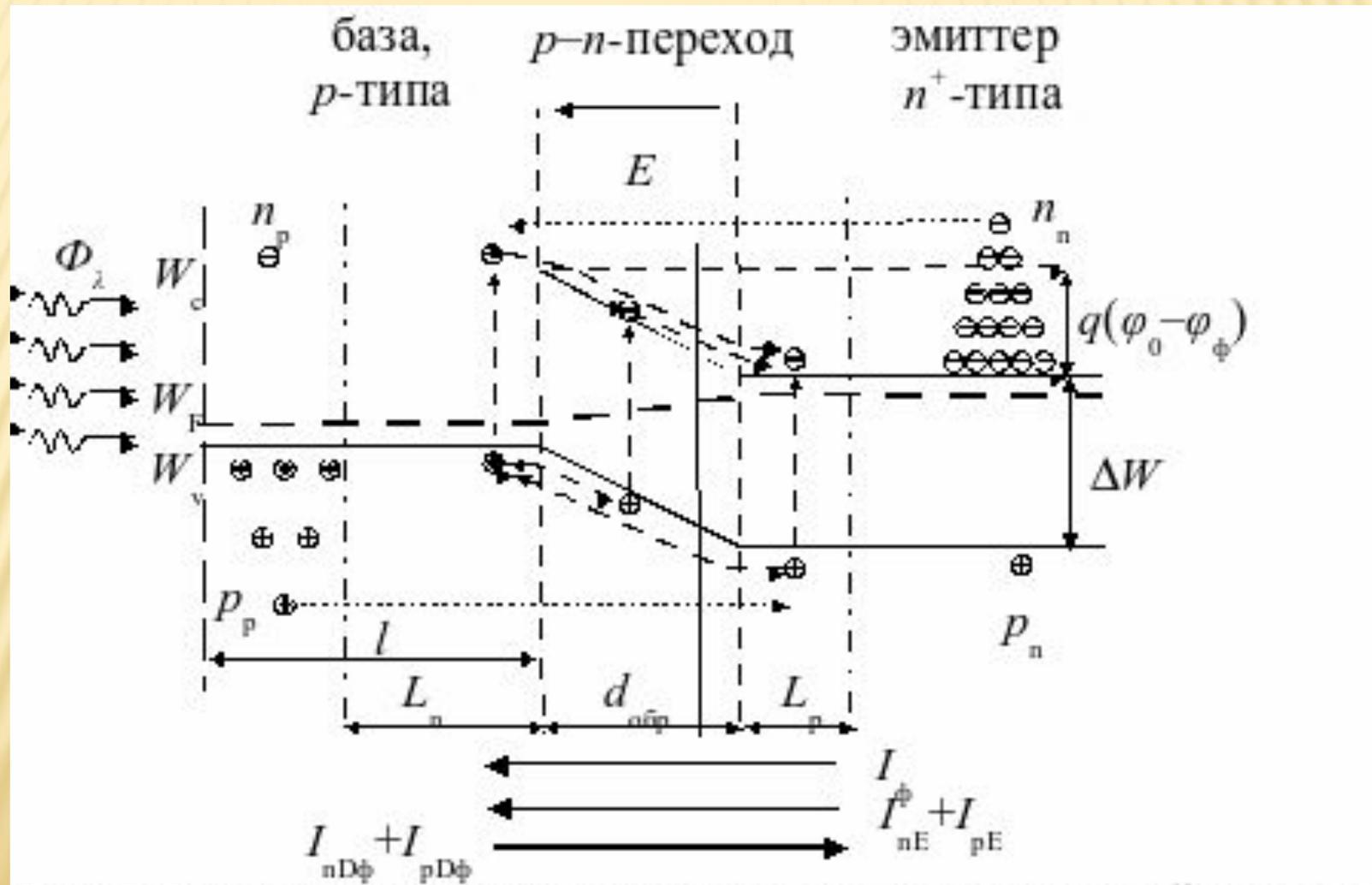
# Конструкция кремниевого фотоэлемента



# Энергетическая диаграмма р-п перехода (пунктиром показаны края энергетических зон в темноте)

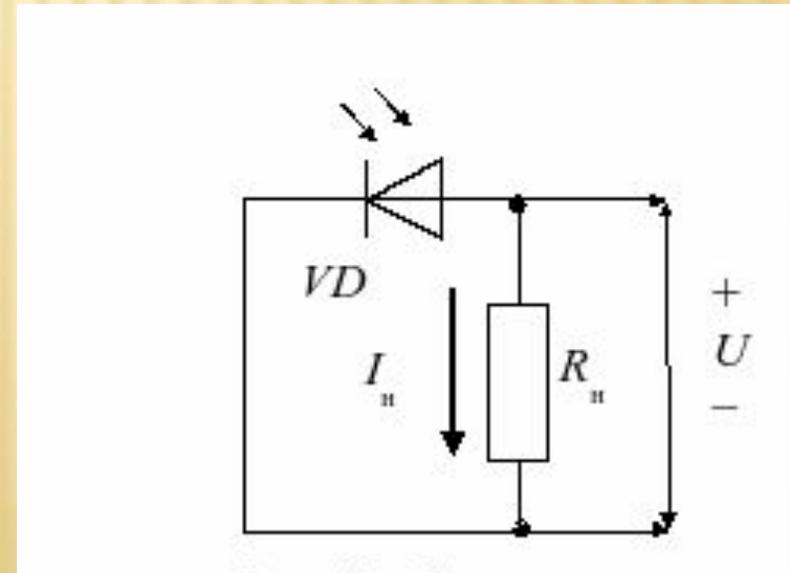
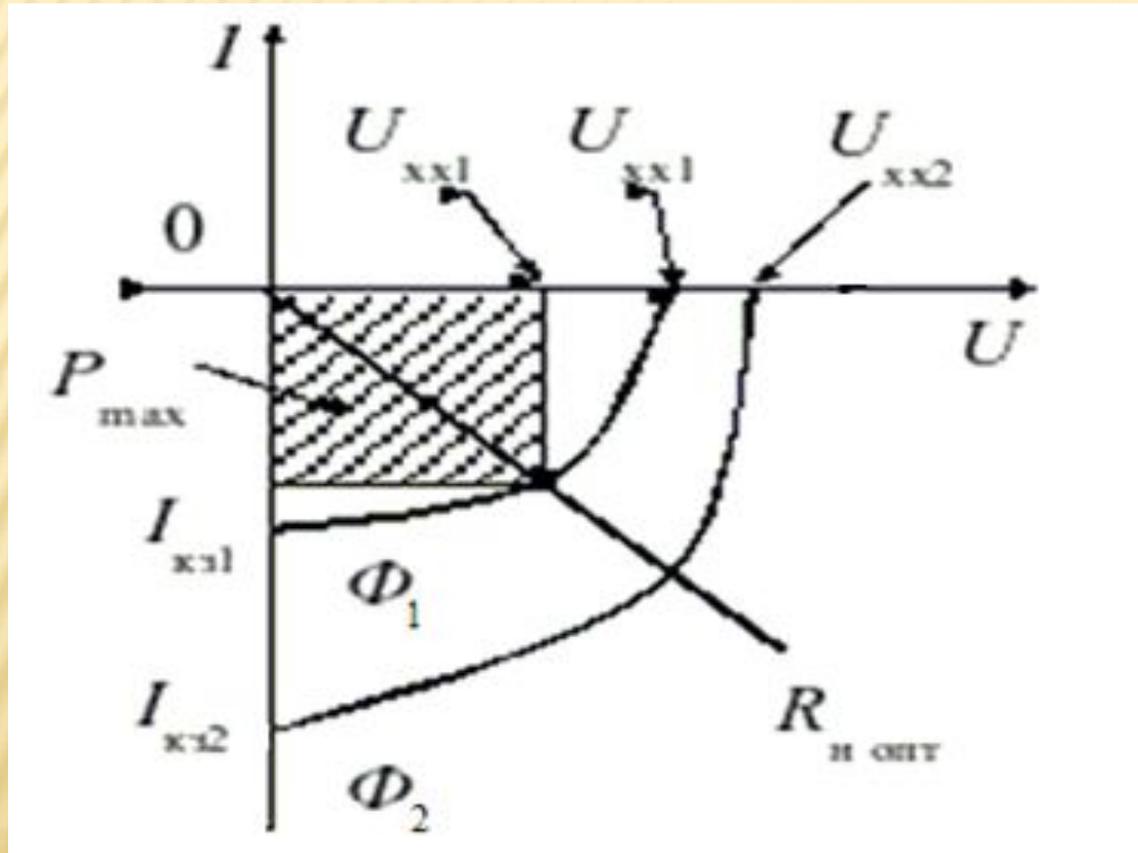


# Зонная диаграмма освещенного p-n перехода



- ✦ Режиму работы фотоэлемента (режиму генерации фото-ЭДС) при разных освещенностях или световых потоках соответствуют части ВАХ, расположенные в четвертом квадранте (рисунок ниже). Точки пересечения ВАХ с осью напряжений соответствуют значениям фото-ЭДС или напряжениям холостого хода  $U_{xx}$  при разных освещенностях. У кремниевых фотоэлементов фото-ЭДС составляет 0,5...0,55 В.
- ✦ Точки пересечения ВАХ с осью токов соответствуют значениям токов короткого замыкания  $I_{кз}$ , которые зависят от площади выпрямляющего электрического перехода фотоэлемента. Поэтому сравнивают и оценивают фотоэлементы по плотностям тока короткого замыкания. У кремниевых фотоэлементов плотность тока короткого замыкания при средней освещенности солнечным светом составляет 20..25 мА/см<sup>2</sup>.

а) Вольт-амперная характеристика фотоэлемента при освещении  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , б) схема включения фотоэлемента.

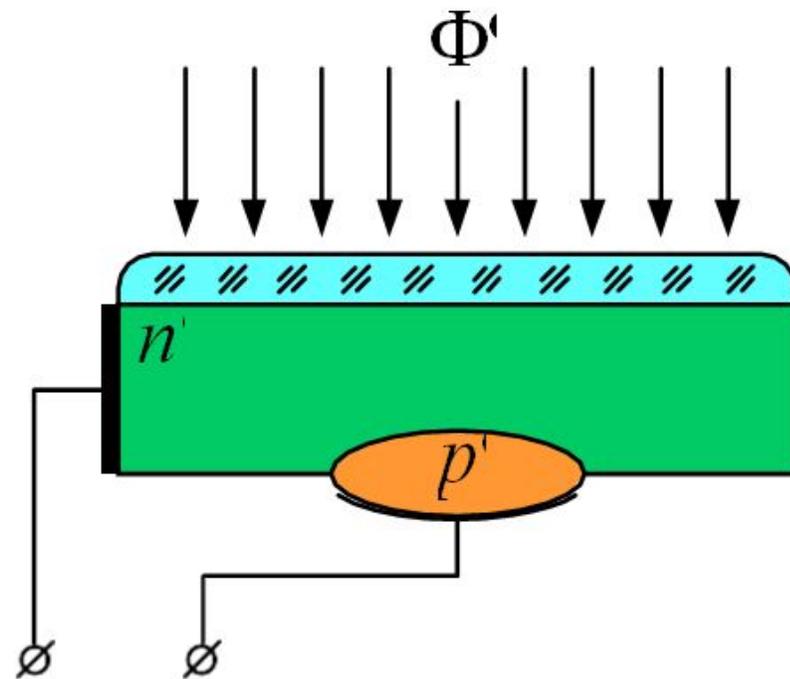


- **Полупроводниковый фотодиод - это полупроводниковый диод, обратный ток которого зависит от освещенности.**
- **Фотодиод представляет собой полупроводниковый фотоэлектрический прибор, содержащий *p-n* переход, и использующий явление внутреннего фотоэффекта.**
- **Фотодиоды имеют различную конструкцию, различное назначение и различные параметры, но в большинстве случаев структура фотодиода бывает такой, как показано на рисунке.**

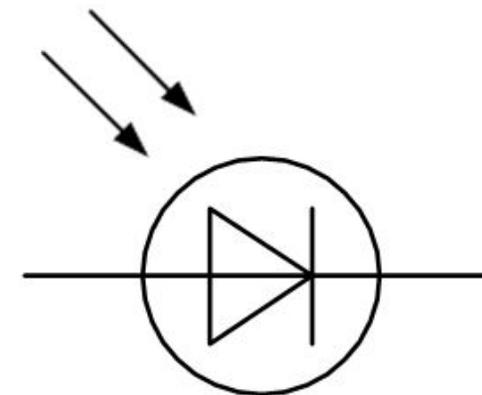
# Конструкция фотодиодов (а), структура (б) и условное графическое изображение фотодиода (в)



а



б



в

# Структура фотодиода



# Вольт-амперная характеристика фотодиода $\Phi=0$ -без освещения, при освещении $\Phi_1$

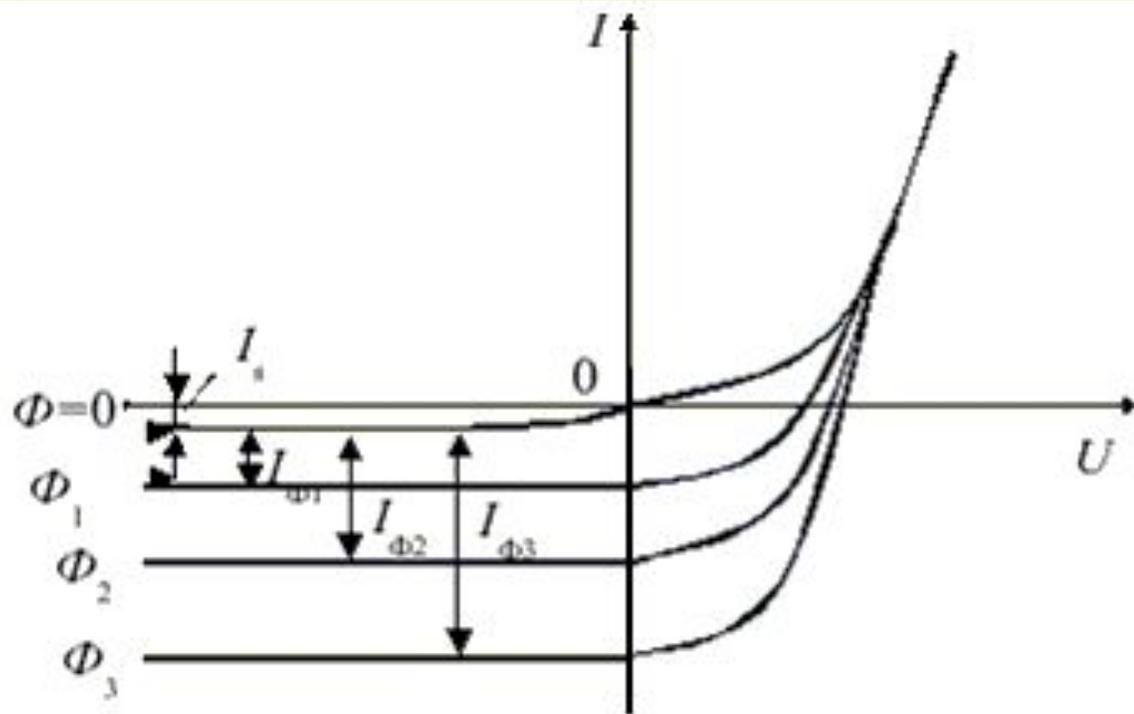
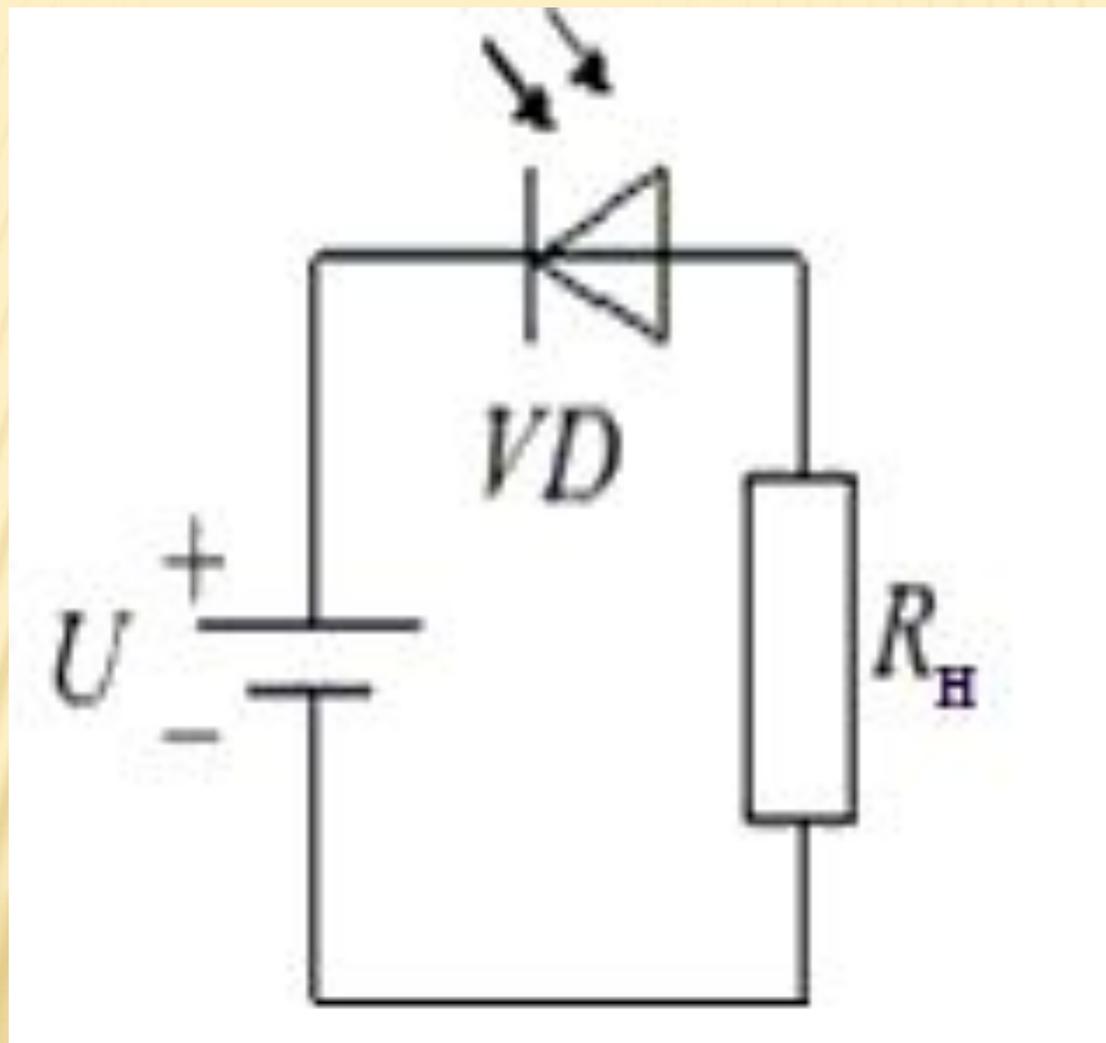


Рис. 9. Вольт-амперная характеристика фотодиода:  $\Phi=0$  – без освещения, при освещении  $\Phi_1 < \Phi_2 < \Phi_3$

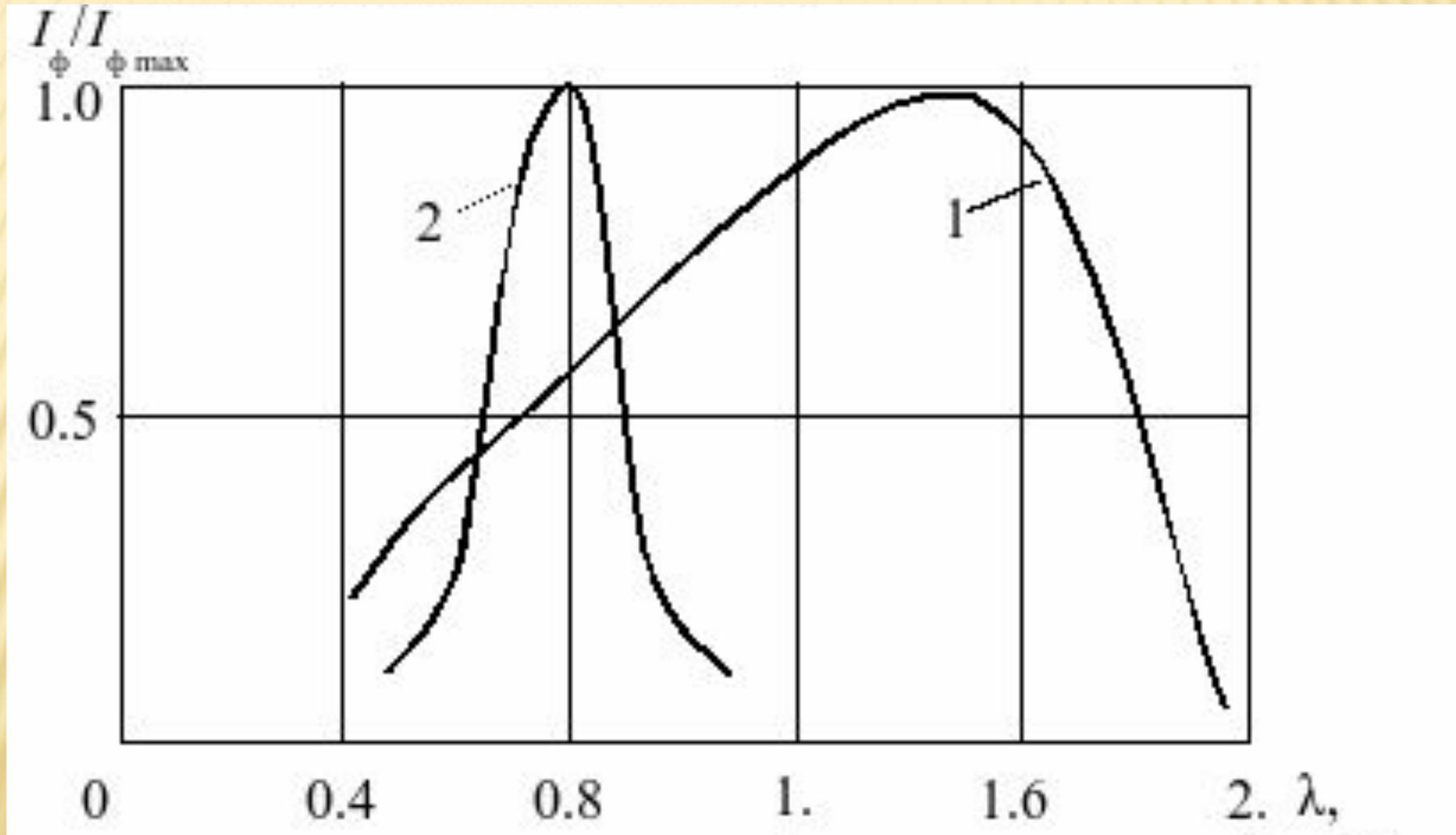
# СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ ФОТОДИОДА



# Спектральная характеристика фотодиодов

- Спектральная характеристика фотодиодов определяется со стороны больших длин воли шириной запрещенной зоны исходного полупроводникового материала, при малых длинах волн - большим показателем поглощения и увеличением влияния поверхностной рекомбинации носителей заряда с уменьшением длины волны квантов света.
- Таким образом, коротковолновая граница фоточувствительности фотодиода зависит от толщины базы и от скорости поверхностной рекомбинации. Уменьшая эти величины, можно существенно сдвигать коротковолновую границу фоточувствительности фотодиодов в сторону меньших длин волн.

# Нормированная спектральная характеристика для фотодиодов: 1-германиевых, 2- кремниевых



# Световая характеристика фотодиода

---

- Световая характеристика фотодиода, т. е. зависимость фототока от освещенности, соответствует прямой пропорциональности фототока от освещенности в отличие от фоторезисторов.
- Связано это с тем, что толщина базы фотодиода значительно меньше диффузионной длины неосновных носителей заряда. Поэтому практически все неосновные носители, возникшие в базе в результате световой генерации, доходят до *p-n*-перехода и принимают участие в образовании фототока.

# Интегральная чувствительность фотодиодов

- Следствием линейности световой характеристики фотодиода является независимость интегральной чувствительности фотодиода от приложенного обратного напряжения.
- Поэтому одним из основных параметров фотодиода является не удельная интегральная чувствительность, а просто интегральная чувствительность:

$$K = I^*/\Phi .$$

## Инерционность фотодиодов

---

- Другой особенностью фотодиодов и важным преимуществом их по сравнению с фоторезисторами является малая инерционность.
- Вообще иа инерционность неравновесных носителей заряда через базу  $\tau_d$ ; время их пролета через *p-n* - переход  $\tau_{p-n}$ ; время перезаряда барьерной емкости *p-n* -перехода, характеризующееся постоянной времени  $RC_{бар}$ .
- В диффузионных фотодиодах можно понизить время пролета носителей через базу до нескольких наносекунд.