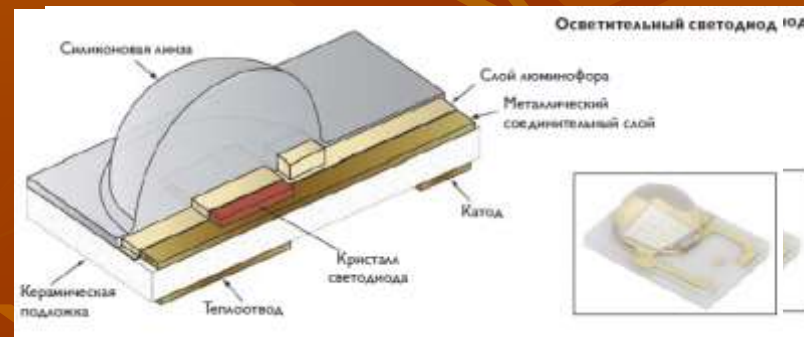


“Светодиоды”

The background of the slide features a pattern of stylized, overlapping leaves in various shades of orange, brown, and tan. The leaves are rendered in a flat, graphic style, creating a textured, autumnal effect. The central text is prominently displayed in a white, serif font with a subtle drop shadow, making it stand out against the busy background.

Светодиод или светоизлучающий диод (СИД, в английском варианте LED — light emitting diode) — полупроводниковый прибор, излучающий не когерентный свет при пропускании через него электрического тока. Светодиод излучает свет при приложении к нему прямого напряжения. Причем свет может быть как видимым, так и невидимым для человеческого глаза (инфракрасный, ультрафиолетовый диапазоны).



Преимущества светодиодов

- Высокая механическая прочность и надежность
- Отсутствие разогрева и высоких напряжений
- Высокий уровень электро- и пожаробезопасности
- Безынерционность
- Сверхминиатюрность
- Удобство в установке

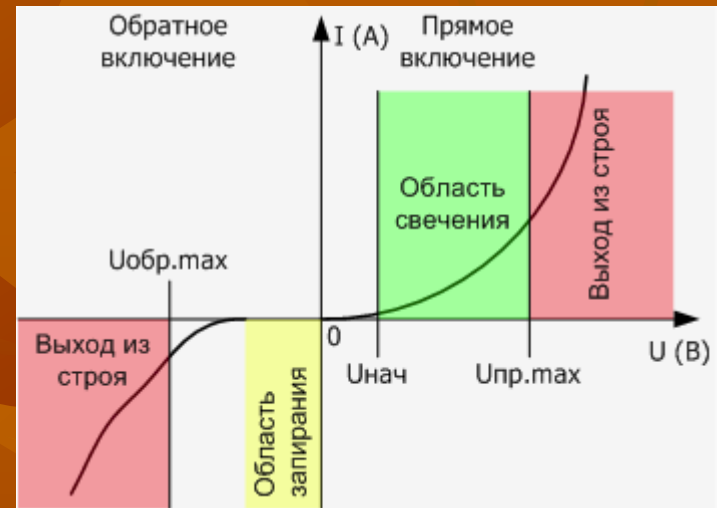
Старение светодиодов

Считается, что светодиоды исключительно долговечны. Но это не совсем так. Чем больший ток пропускается через светодиод в процессе его службы, тем выше его температура и тем быстрее наступает старение. Поэтому срок службы у мощных светодиодов короче, чем у маломощных сигнальных, и составляет в настоящее время 20-50 тысяч часов. Старение выражается в первую очередь в уменьшении яркости. Когда яркость снижается на 30% или наполовину, светодиод надо менять.

Области применения

- Мобильные устройства
- Алфавитно-цифровые табло и дисплеи
- Световая реклама
- Транспортные средства
- Активные дорожные знаки, уличные указатели

Как и в обычном полупроводниковом диоде, в светодиоде имеется р-n переход. При пропускании электрического тока в прямом направлении, носители заряда — электроны и дырки рекомбинируют с излучением фотонов.

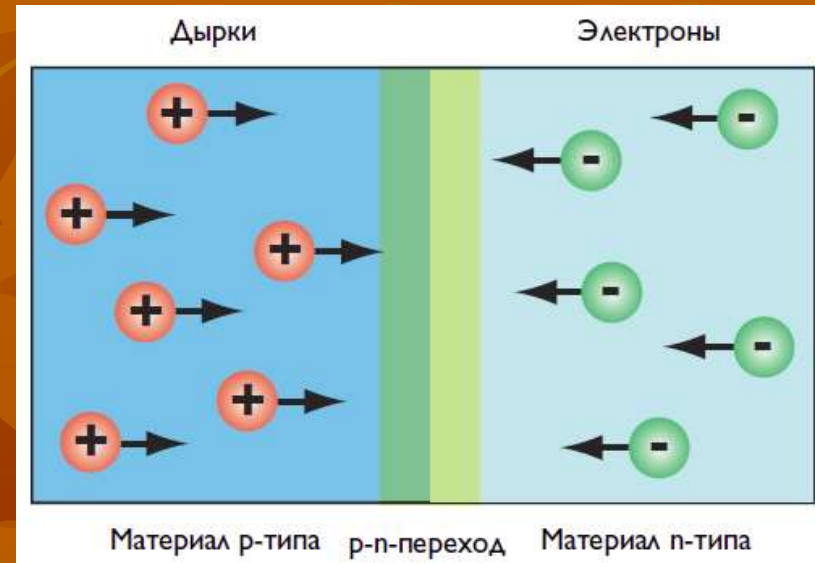


При приложении к диоду электрического поля электроны и дырки в материалах р- и n-типа устремляются к р-n-переходу. Когда носители заряда подходят к р-n-переходу, электроны инжектируются в материал р-типа. При подаче отрицательного напряжения со стороны материала n-типа через диод протекает электрический ток в направлении от материала n-типа в материал р-типа. Это называется *прямым смещением*.

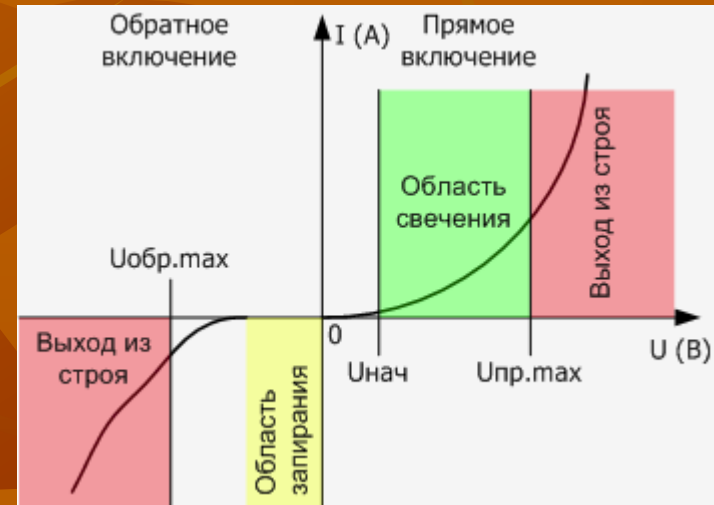
Когда избыточные электроны переходят из материала n-типа в материал р-типа и рекомбинируют с дырками, происходит выделение энергии в виде фотонов, элементарных частиц (квантов) электромагнитного излучения. Все диоды испускают фотоны, но не все диоды испускают видимый свет.

Квантовый выход - это число излученных квантов света на одну рекомбинировавшую электроннодырочную пару. Различают внутренний и внешний квантовый выход. Внутренний - в самом р-n-переходе, внешний - для прибора в целом (ведь свет может теряться «по дороге» - поглощаться, рассеиваться). Внутренний квантовый выход для хороших кристаллов с хорошим теплоотводом достигает почти 100%, рекорд внешнего квантового выхода для красных светодиодов составляет 55%, а для синих - 35%.

Внешний квантовый выход - одна из основных характеристик эффективности светодиода.



Рассмотрим область прямого включения. При некотором значении прямого напряжения $U_{нач}$ от анода к катоду пойдет ток, и светодиод засветится. В области свечения через светодиод протекает ток допустимого значения. Однако если питающее напряжение увеличивать, то при некотором значении $U_{пр.мах}$ ток, проходящий через светодиод будет настолько большим, что может разрушить его внутреннюю структуру, то есть вывести светодиод из строя.

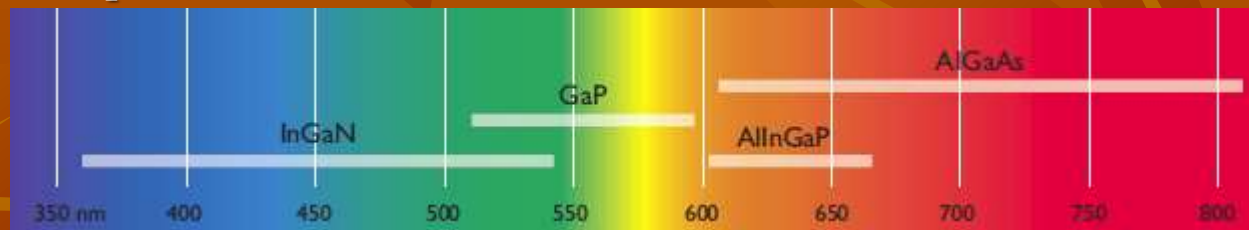
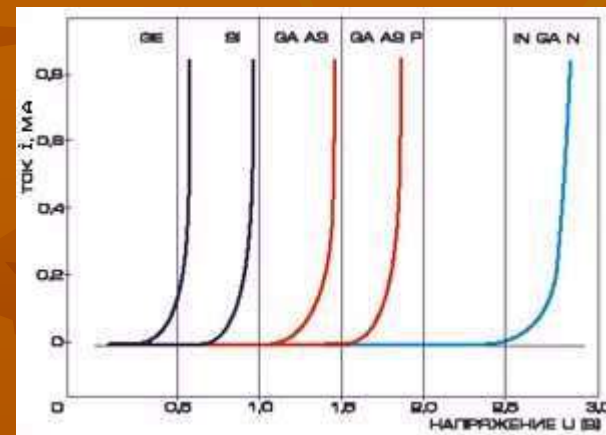


При подаче небольшого обратного напряжения, попадающего в область запирания, ток через светодиод не протекает. Однако если увеличивать значение обратного напряжения то можно добиться того, что через светодиод начнет протекать обратный ток от катода к аноду. При некотором значении напряжения $U_{обр.мах}$ светодиод будет выведен из строя недопустимым значением обратного тока.

Рабочее значение напряжения питания и прямого тока светодиода должно выбираться из области напряжений от $U_{нач}$ до $U_{пр.мах}$. Обычно производители светодиодов указывают значение номинальной яркости свечения диода и соответствующее данной яркости значение необходимого прямого тока. Также производители указывают максимальные (предельные) значения прямого и обратного напряжений.

Материал, из которого изготавливается светодиод, выбирается таким образом, чтобы длина волны испускаемых фотонов находилась в пределах видимой области спектра излучения. Разные материалы испускают фотоны с разными длинами волн, что соответствует разным цветам испускаемого света.

Цвет светодиода зависит исключительно от ширины запрещенной зоны, в которой рекомбинируют электроны и дырки, то есть от материала полупроводника, и от легирующих примесей. Чем «синее» светодиод, тем выше энергия квантов, а значит, тем больше должна быть ширина запрещенной зоны.

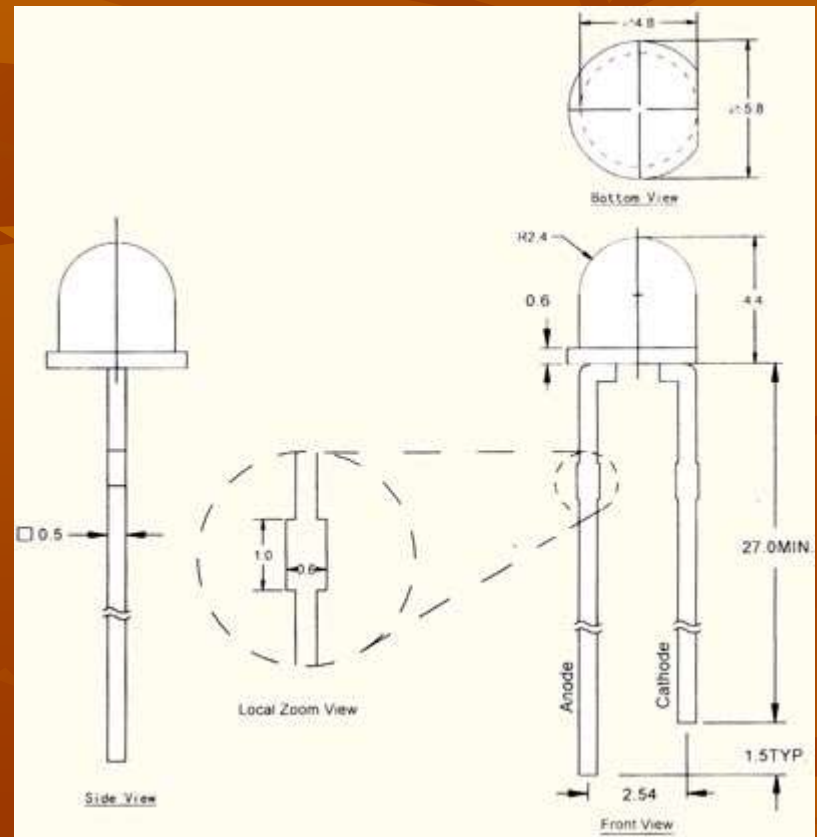


Основные материалы для производства монохромных светодиодов. AlInGaP и InGaN покрывают почти весь спектр видимого излучения для светодиодов высокой интенсивности, кроме желто-зеленой и желтой областей спектра с длиной волны 550–585 нанометров (нм). Цвета, соответствующие этому диапазону длин волн, могут быть получены с помощью совместного использования зеленых и красных светодиодов.

Цвет	длина волны (нм)	Напряжение (В)	Материал полупроводника
Инфракрасный	$\lambda > 760$	$\Delta U < 1.9$	Арсенид галлия (GaAs) Алюминия галлия арсенид (AlGaAs)
Красный	$610 < \lambda < 760$	$1.63 < \Delta U < 2.03$	Алюминия-галлия арсенид (AlGaAs) Галлия арсенид-фосфид (GaAsP) Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Галлия(III) фосфид (GaP)
Оранжевый	$590 < \lambda < 610$	$2.03 < \Delta U < 2.10$	Галлия фосфид-арсенид (GaAsP) Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Галлия(III) фосфид (GaP)
Жёлтый	$570 < \lambda < 590$	$2.10 < \Delta U < 2.18$	Галлия арсенид-фосфид (GaAsP) Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Галлия(III) фосфид (GaP)
Зелёный	$500 < \lambda < 570$	$1.9 < \Delta U < 4.0$	Индия-галлия нитрид (InGaN) / Галлия(III) нитрид (GaN) Галлия(III) фосфид (GaP) Алюминия-галлия-индия фосфид (AlGaInP) Алюминия-галлия фосфид (AlGaP)
Голубой	$450 < \lambda < 500$	$2.48 < \Delta U < 3.7$	Селенид цинка (ZnSe) Индия-галлия нитрид (InGaN) Карбид кремния (SiC) в качестве субстрата Кремний (Si) в качестве субстрата
Фиолетовый	$400 < \lambda < 450$	$2.76 < \Delta U < 4.0$	Индия-галлия нитрид (InGaN)
Пурпурный	Смесь нескольких спектров	$2.48 < \Delta U < 3.7$	Двойной: синий/красный диод, синий с красным люминофором, или белый с пурпурным пластиком
Ультрафиолетовый	$\lambda < 400$	$3.1 < \Delta U < 4.4$	Алмаз (235 нм) Нитрид бора (215 нм) Нитрид алюминия (AlN) (210 нм) Нитрид алюминия-галлия (AlGaInN) Нитрид алюминия-галлия-индия (AlGaInN) — (менее 210 нм)
Белый	Широкий спектр	$\Delta U \approx 3.5$	Голубой/ультрафиолетовый диод с люминофором;

Белые светодиоды

- Светодиоды белого свечения имеют устойчивый спрос и находят применение на множестве прикладных рынков (мобильные коммуникации, общее освещение, автомобильные приборные панели, вывески и реклама). В настоящее время потребление белых светодиодов составляет более 50% от общего потребления светодиодов высокой яркости.

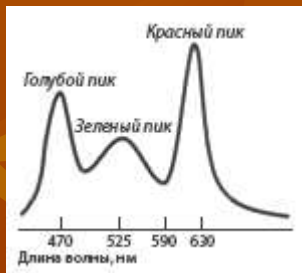
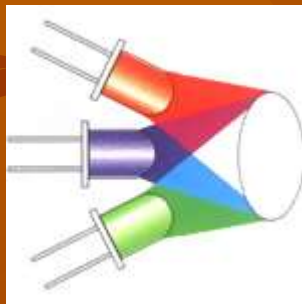


Как получить белый свет с использованием светодиодов?

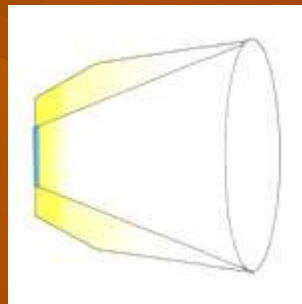
- смешивание цветов по технологии RGB
- нанесение желтого(или зеленого и красного) люминофора на синий светодиод
- нанесение трех люминофоров, излучающих, соответственно, синий, зеленый и красный свет на поверхность светодиода, излучающего в ультрафиолетовом диапазоне
- использование полупроводника ZnSe

Как получить белый свет с использованием светодиодов?

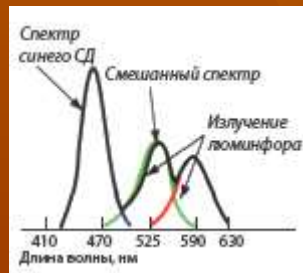
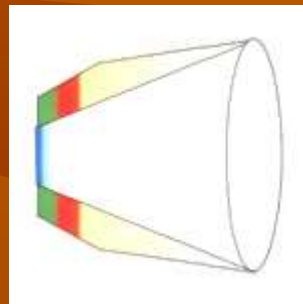
Красный, зеленый и синий светодиоды



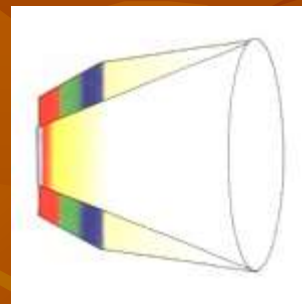
Синий светодиод + желтый люминофор



Синий светодиод + зеленый и красный люминофор



Ультрафиолетовый светодиод + RGB-люминофор



Существует три способа получения белого света от светодиодов. Первый - смешивание цветов по технологии RGB. На одной матрице плотно размещаются красные, голубые и зеленые светодиоды, излучение которых смешивается при помощи оптической системы, например линзы. В результате получается белый свет. Вторым способом заключается в том, что на поверхность светодиода, излучающего в ультрафиолетовом диапазоне (есть и такие), наносится три люминофора, излучающих, соответственно, голубой, зеленый и красный свет. Это похоже на то, как светит люминесцентная лампа. И, наконец, в третьем способе желто-зеленый или зеленый плюс красный люминофор наносится на голубой светодиод, так что два или три излучения смешиваются, образуя белый или близкий к белому свет.

Синий светодиод

- Синий светодиод — светоизлучающий оптоэлектронный полупроводниковый прибор с синим цветом свечения. Это светодиод, основанный на полупроводниках с большой шириной запрещённой зоны, поскольку энергия излучаемых фотонов, возникающих при рекомбинации электронов и дырок, зависит именно от этой величины.

