



Светодиоди

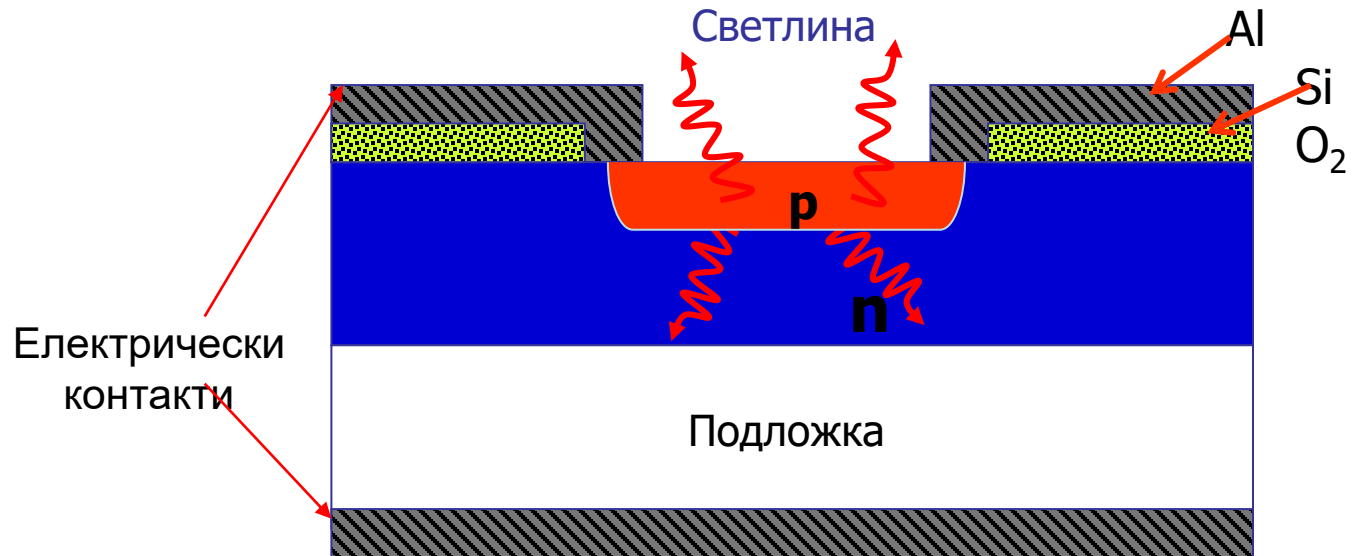


Полупроводникови
елементи

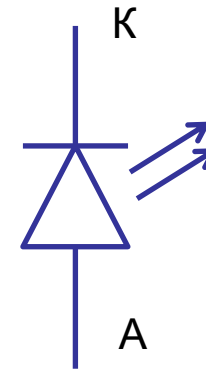
Светодиод

Light-emitting diode - LED

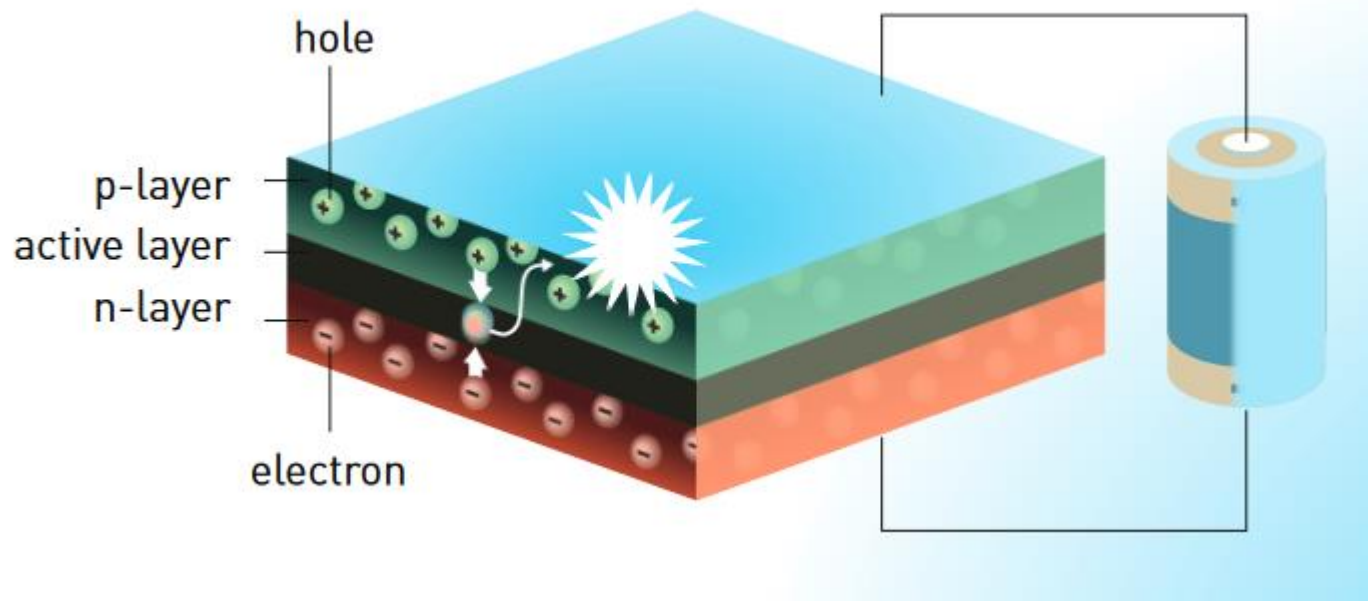
Светодиодите са ПП елементи, които преобразуват електрическата енергия в светлина. Те имат един *PN* преход.



Структура на светодиод



Принцип на действие



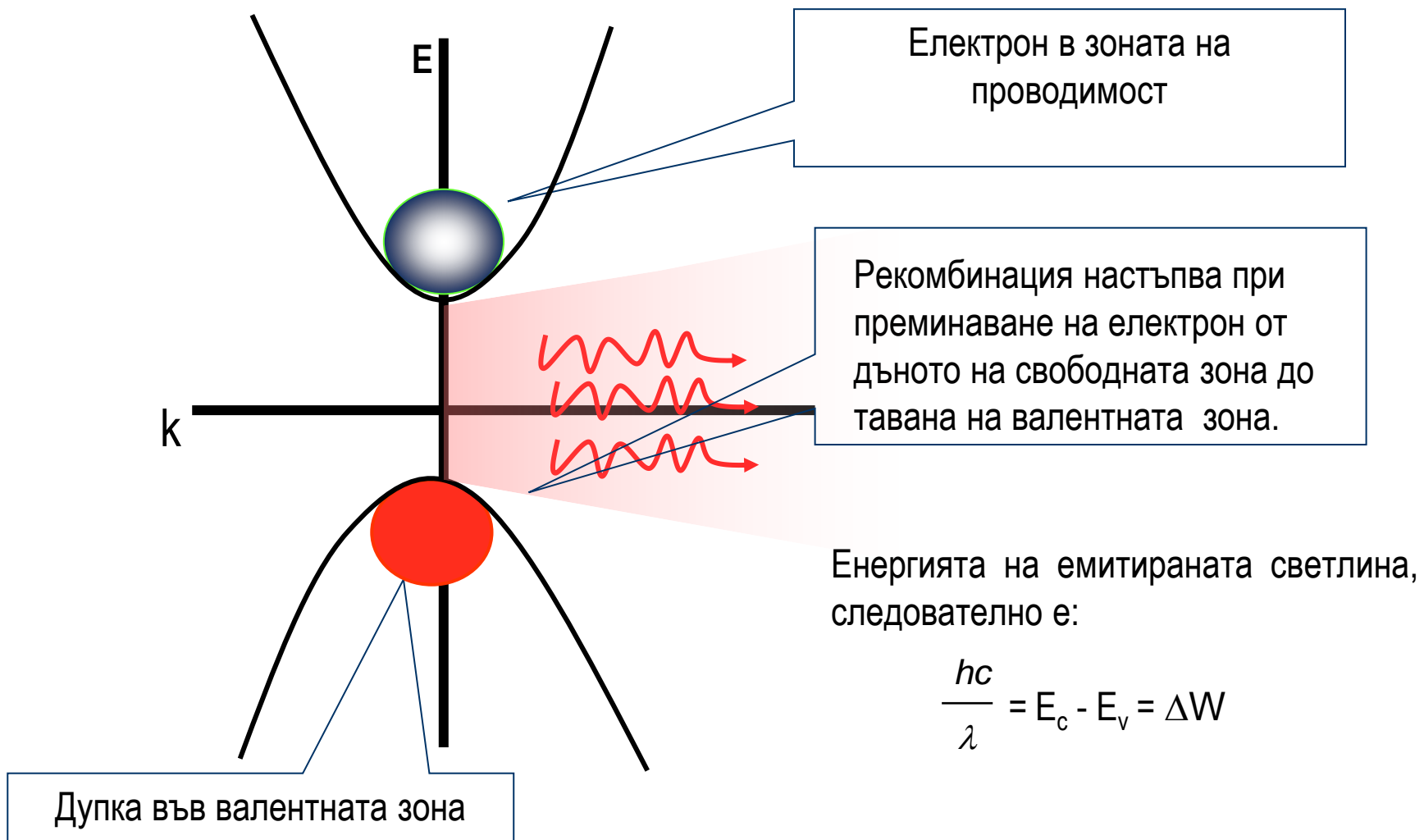
Принципът им на действие се основава на процесите на рекомбинация, протичащи в право включен *PN* преход. При право включване започва инжекция на токоносители.

Инжектираните електрони от n-областта рекомбинират с дупките от p-областта. Електроните имат по-високо енергийно ниво и при падането на нивата на дупките губят енергия.

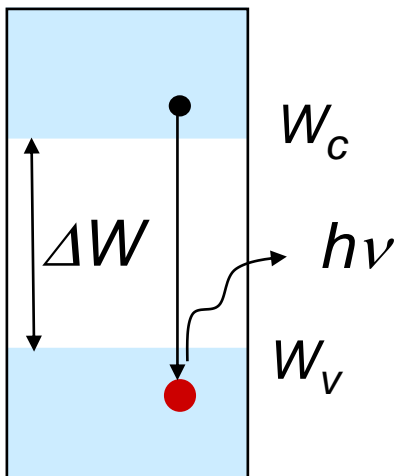
Енергията се излъчва под формата на квантове светлина – фотони.

Явлението се нарича електролуминисценция.

Електролуминисценция



Дължина на вълната



$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \Delta W \quad \lambda = \frac{hc}{\Delta W} = \frac{1200}{\Delta W}$$

$\lambda = 0.38 - 0.76 \mu m$ видима област

$\Delta W = 1.6 - 3.1 \text{ eV}$ (GaP, SiC, GaAlAs, GaAsP)

Колкото по-голяма е широчината на забранената зона, толкова по-голяма е енергията на излъчения фотон и толкова по-висока е честотата на излъчената светлина (респективно по-къса дължината на вълната λ).



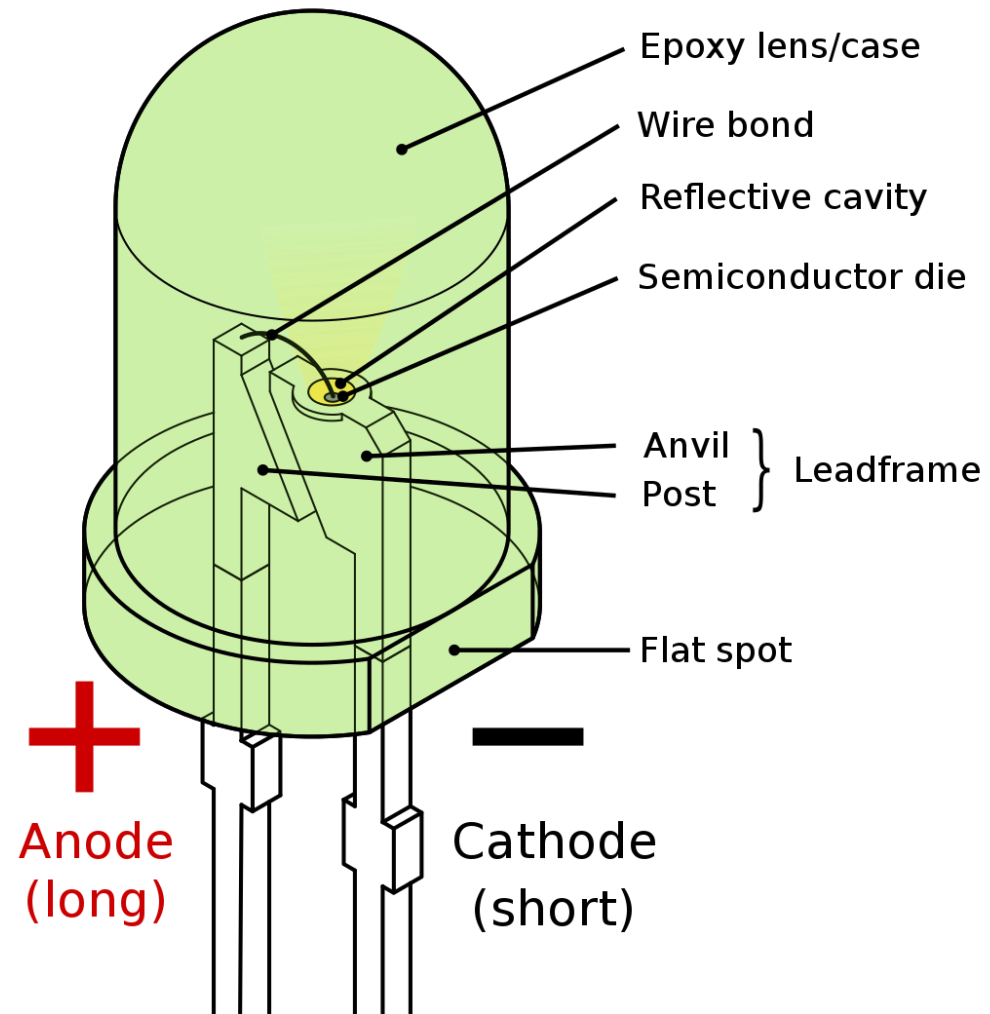
	ΔW
Violet	$\sim 3.17 \text{ eV}$
Blue	$\sim 2.73 \text{ eV}$
Green	$\sim 2.52 \text{ eV}$
Yellow	$\sim 2.15 \text{ eV}$
Orange	$\sim 2.08 \text{ eV}$
Red	$\sim 1.62 \text{ eV}$

Спектрална характеристика

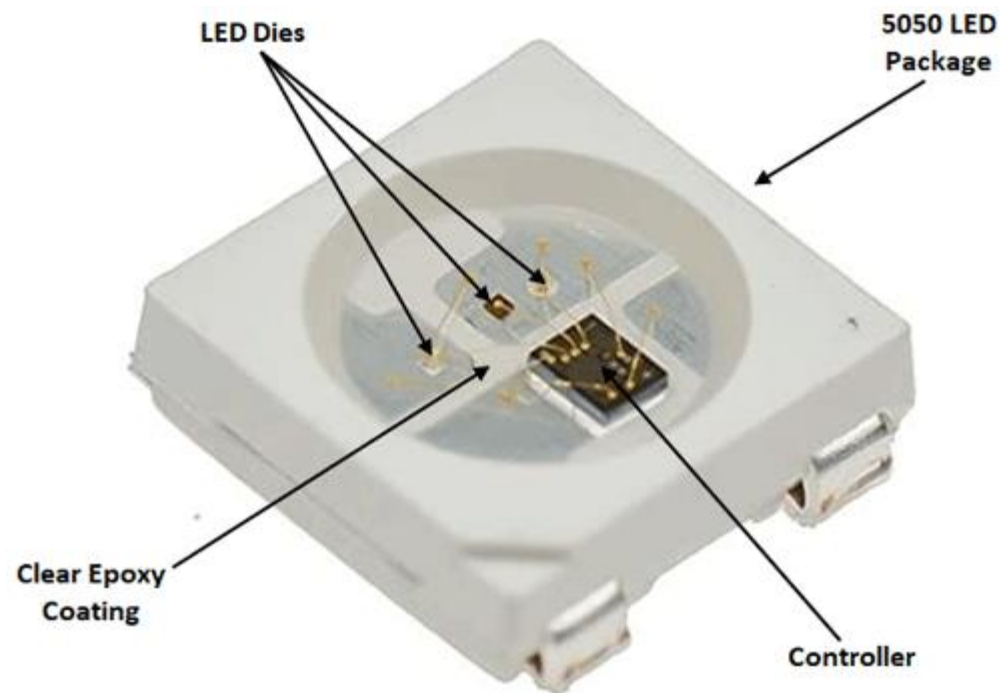
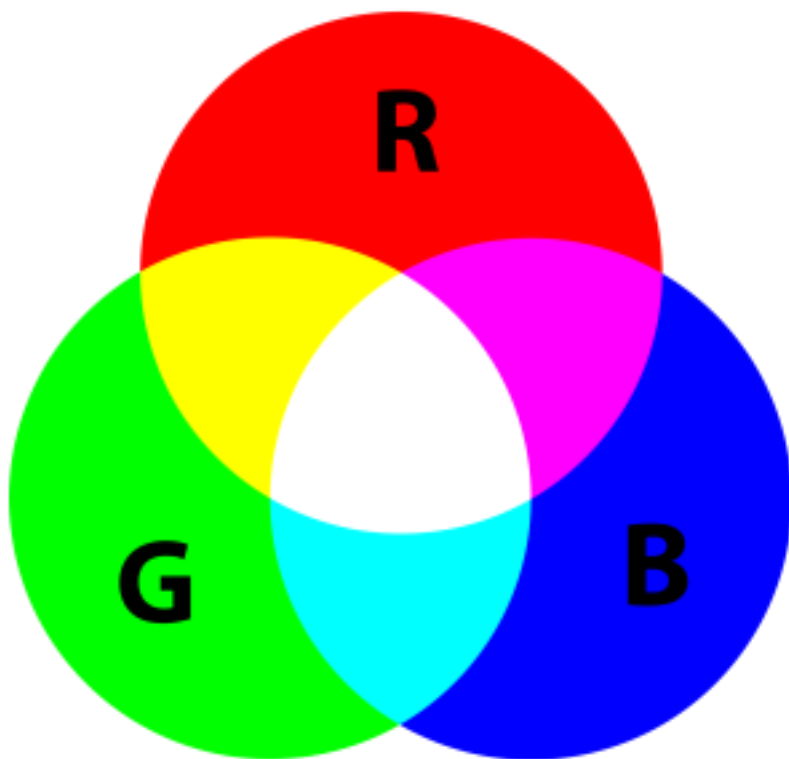


Спектралната характеристика дава зависимостта на интензитета на излъчване на светодиода от дължината на вълната. Тя се определя от вида на полупроводниковия материал и легиращите примеси в него.

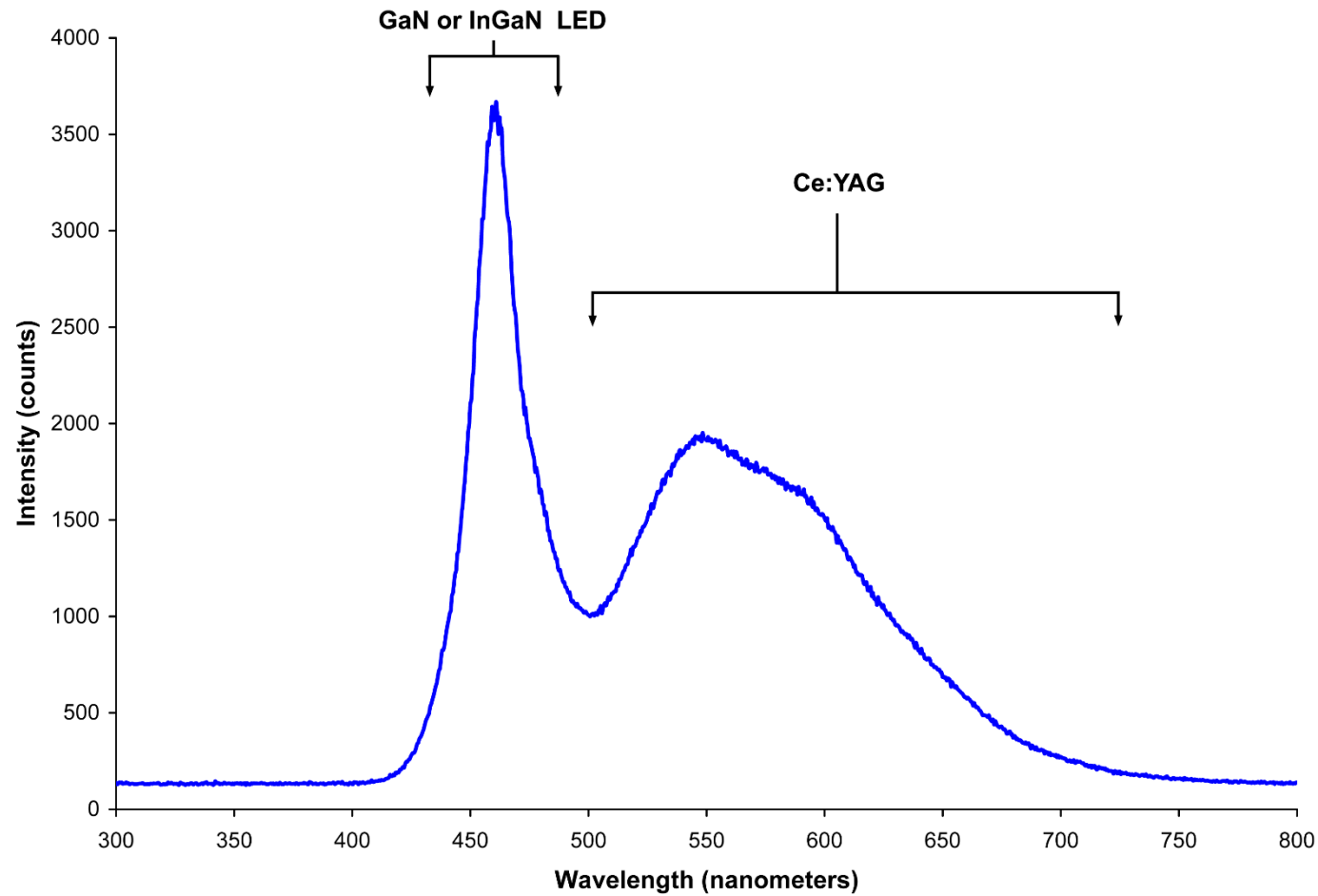
Конструкция на светодиодиод



Бял светодиод - RGB



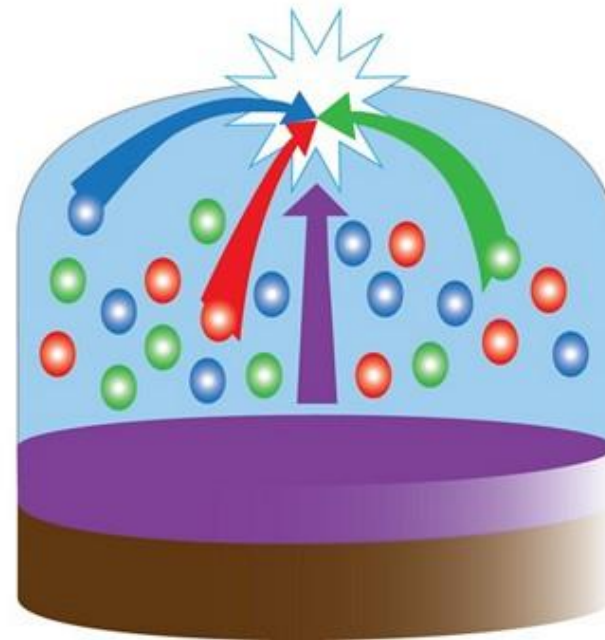
Бял светодиод – син LED + “фосфор”



Бял светодиодиод – LED + “фосфор”



Син LED + жълт фосфор



UV-LED + RGB фосфор

Нобелова награда за физика - 2014

“for the invention of **efficient** blue light-emitting diodes which has enabled bright and energy-saving white light sources”



© Nobel Media AB. Photo: A. Mahmoud

Isamu Akasaki



© Nobel Media AB. Photo: A. Mahmoud

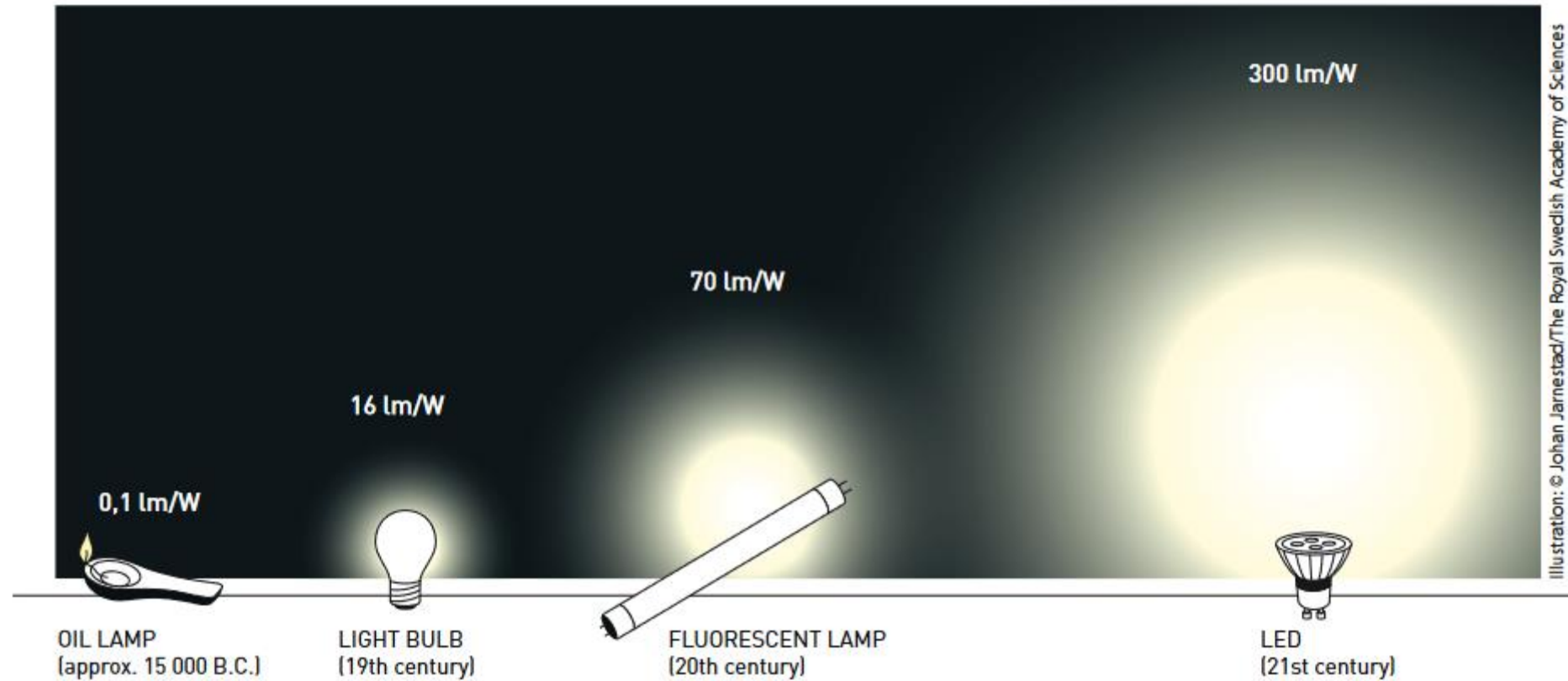
Hiroshi Amano



© Nobel Media AB. Photo: A. Mahmoud

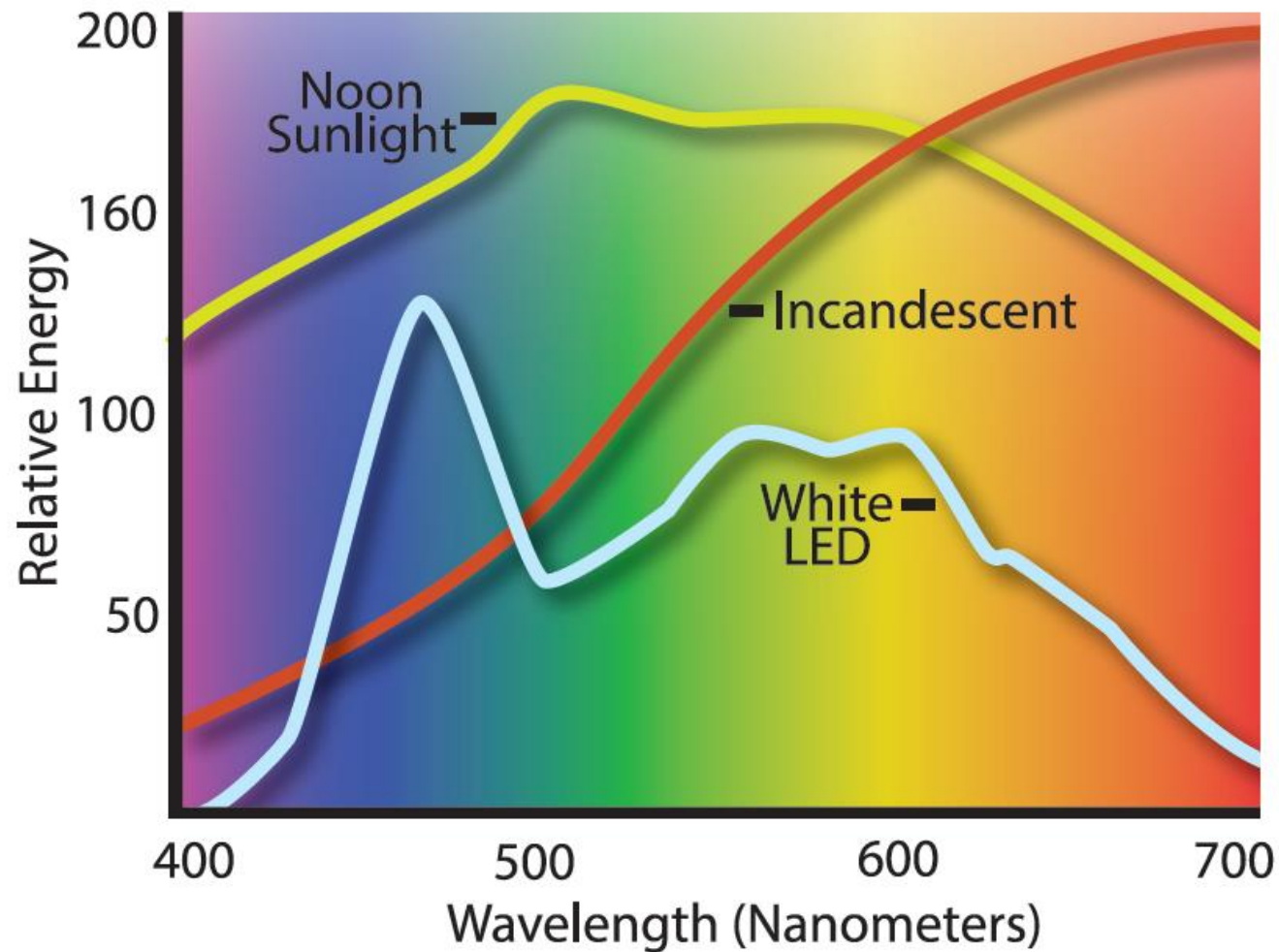
Shuji Nakamura

Ефективност на светлинните източници



Качество на бялата светлина

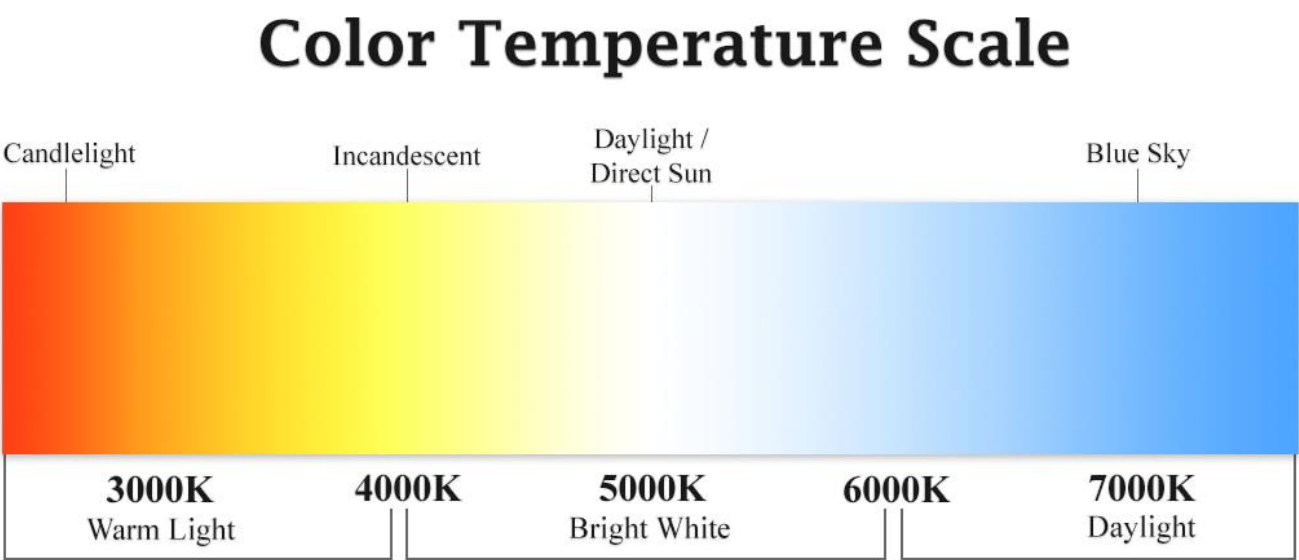
Spectra From Common Sources of Visible Light



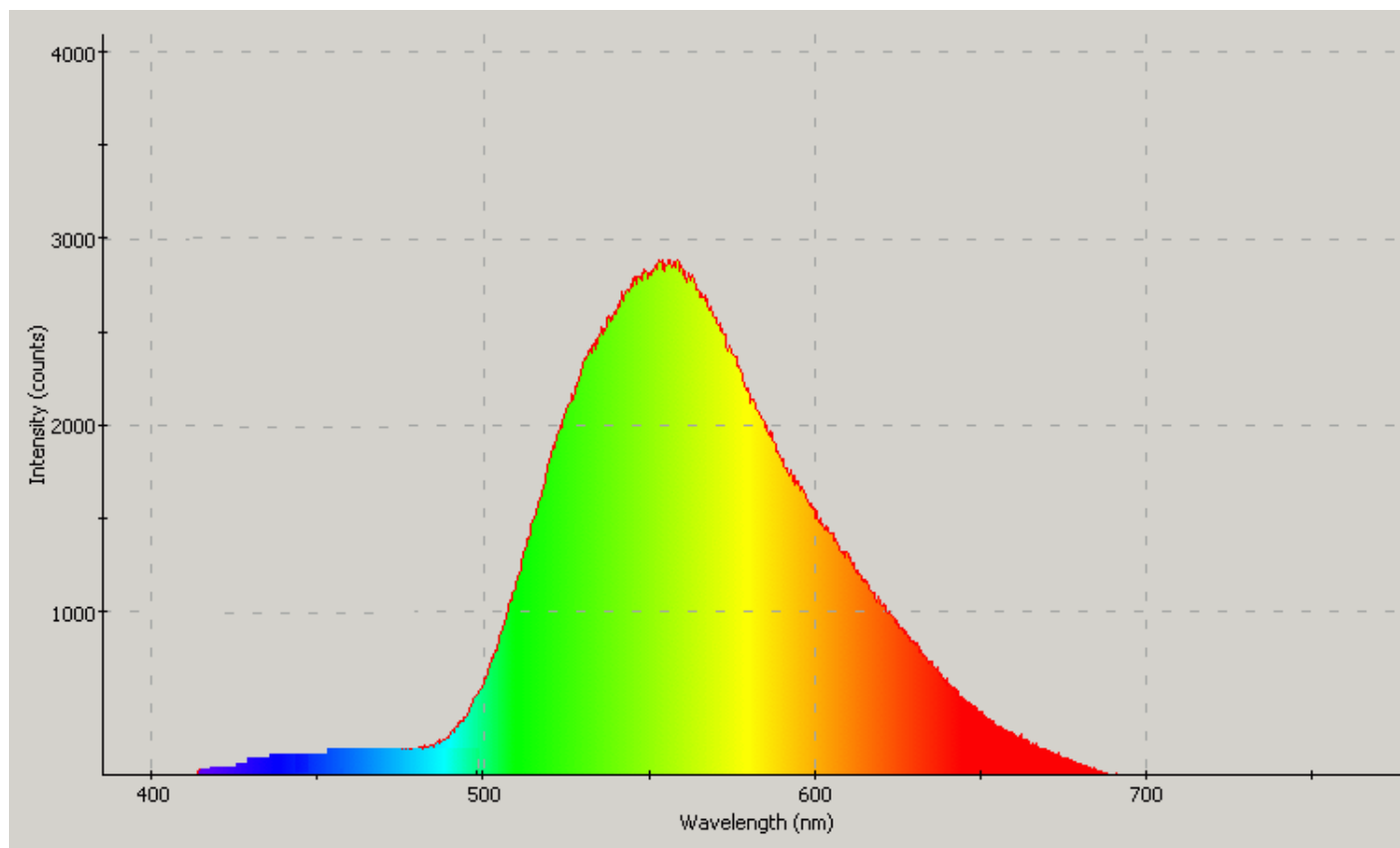
color rendering index (CRI)

Color rendering index (CRI)

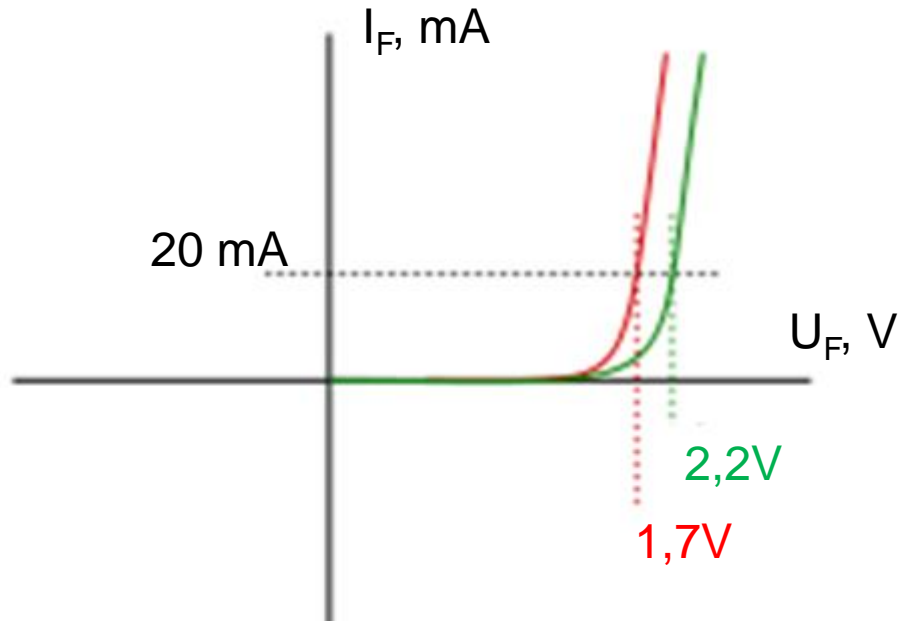
Light source	CCT (K)	CRI
Low-pressure sodium (LPS/SOX)	1800	-44
High-pressure sodium (HPS/SON)	2100	24
Halophosphate warm-white fluorescent	2940	51
Halophosphate cool-white fluorescent	4230	64
Halophosphate cool-daylight fluorescent	6430	76
Standard LED Lamp	2700–5000	83
High-CRI LED lamp (blue LED)	2700–5000	95
Ceramic discharge metal-halide lamp	5400	96
Ultra-high-CRI LED lamp (violet LED)	2700–5000	99
Incandescent/halogen bulb	3200	100



Чувствителност на човешкото око към цвета на светлината



VA характеристика

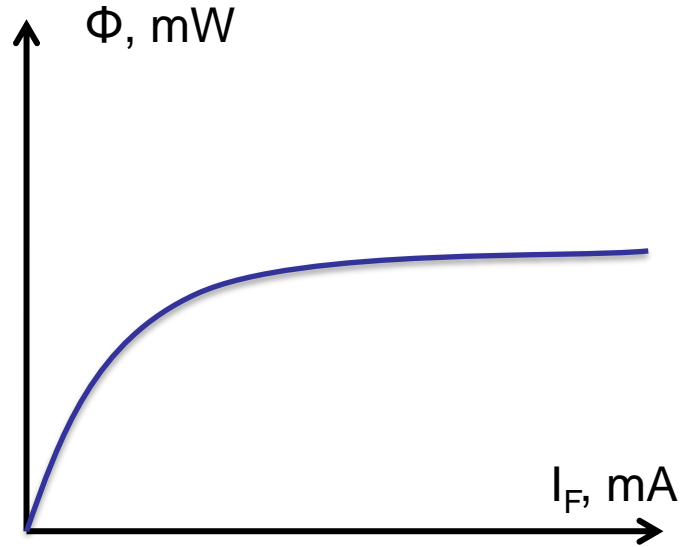


Поради по-широката забранена зона на материалите, светодиодите имат значително по-голям пад в права посока от Ge и Si изправителни диоди.

$$I = I_S \left(e^{\frac{U}{m\phi_T}} - 1 \right)$$

VA характеристика на червен и зелен светодиод

Светлинна характеристика



Представява зависимостта на излъчения светлинен поток Φ от тока I_F , протичащ през диода.

Областта на насищане при големи стойности на тока се дължи на нарастване на относителния дял на безизлъчвателната рекомбинация при загряване на прехода.

Оразмеряване на схема със светодиод

Проектирайте схема на захранване на син (бял, червен,...) светодиод. Захранващото напрежение е 12V.

- Намерете каталожни данни и изберете **конкретен модел** светодиода.
- От каталожните данни изберете **подходящ ток през диода**. Той не трябва да надхвърля указаната максимална стойност, но и не трябва да е твърде малък защото излъчването ще е слабо.
- Скицирайте схема на свързване на светодиода.
- Оразмерете схемата

Намерете каталожни данни и изберете конкретен модел светодиода.

Google search: blue led datasheet (white led datasheet, ...)

<https://cree-led.com/media/documents/C503B-BCS-BCN-GCS-GCN-1094.pdf>

<https://www.vishay.com/docs/81159/vlhw5100.pdf>

От каталожните данни изберете подходящ ток през диода. Той не трябва да надхвърля указаната максимална стойност, но и не трябва да е твърде малък защото излъчването ще е слабо.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C)

Items	Symbol	Absolute Maximum Rating	Unit
		Blue/Green	
Forward Current	I _F	30	mA
Peak Forward Current ^{Notes2}	I _{FP}	100	mA
Reverse Voltage	V _R	5	V
Power Dissipation	P _D	120	mW
Operation Temperature	T _{opr}	-40 ~ +95	°C
Storage Temperature	T _{stg}	-40 ~ +100	°C
Lead Soldering Temperature	T _{sol}	Max. 260°C for 3 sec. max. (3 mm from the base of the epoxy bulb)	

$I_F < 30\text{mA}$!

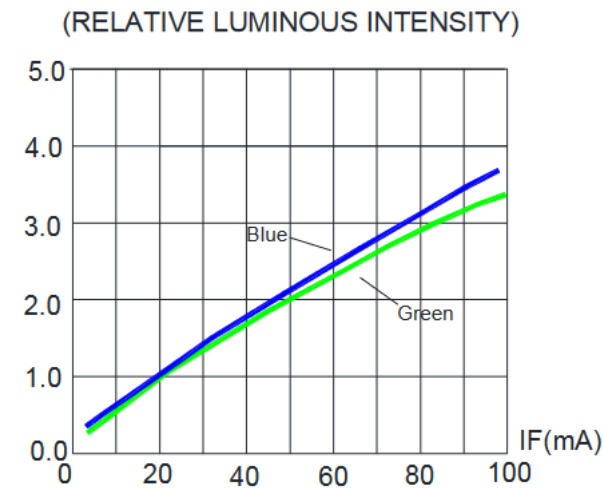


FIG.2 RELATIVE LUMINOUS INTENSITY VS. FORWARD CURRENT

Избирам I_F = 20mA

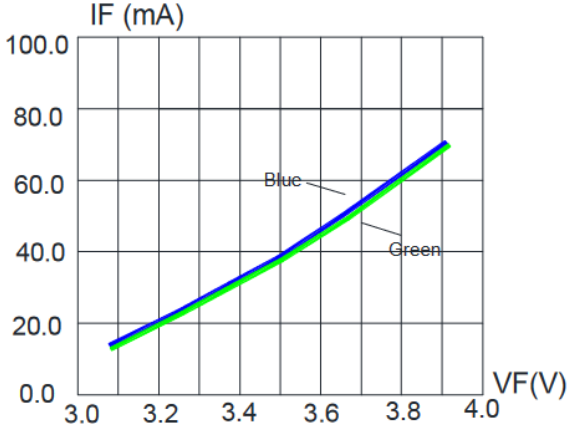
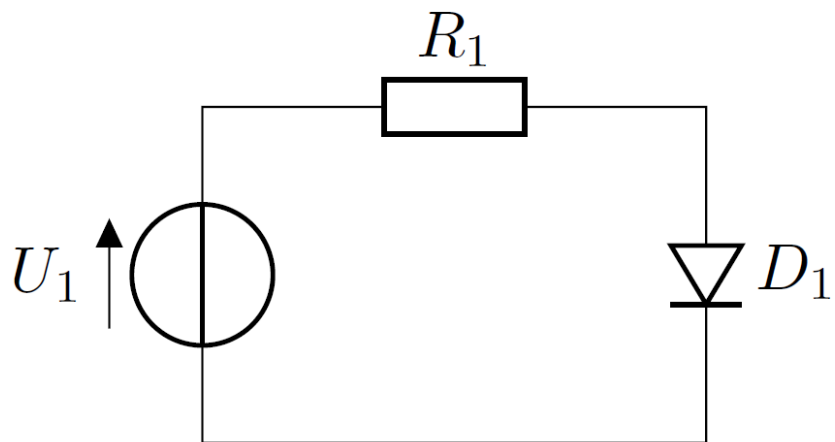


FIG.1 FORWARD CURRENT VS. FORWARD VOLTAGE.

При I_F = 20mA, U_F=3.2V

- Скицирайте схема на свързване на светодиод.
- Оразмерете схемата



D1: $I_{D1} = 20\text{mA}$, $U_{D1} = 3.2\text{V}$
 $U1 = 12\text{V}$

означения

$I_{D1} \Rightarrow I_{D1}$

$U_{D1} \Rightarrow U_{D1}$

$I = U1 / R1$ – ГРЕШКА!

$I = U_{R1} / R1$ – ОК!

$R1 = U_{R1} / I_{R1}$ – закон на Ом

$U1 = U_{R1} + U_{D1}$ – закон на Кирхоф

$U_{R1} = U1 - U_{D1} = 12\text{V} - 3.2\text{V} = 8.8\text{V}$

$I_{R1} = I_{D1} = 20\text{mA}$

$R1 = 8.8\text{V} / 20\text{mA} = 0.44 \text{ kOhm} = 440 \text{ Ohm}$

$P_{R1} = U_{R1} * I_{R1} = 8.8\text{V} * 0.02\text{A} = 0.176\text{W}$

Бонус – избор на стандартна стойност на резистора

R=442 Ohm, 2%

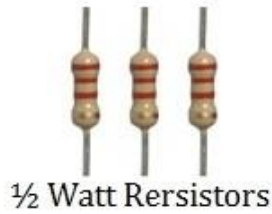
E12 (10%)	E24 (5%)	E48 (2%)	E96 (1%)	(continued)	(continued)	(continued)	(continued)	(continued)	(continued)	(continued)	(continued)
100	100	100	100	220	220	215	215	470	470	464	464
			102				221				475
		105	105			226	226			487	487
			107				232				499
	110	110	110		240	237	237		510	511	511
			113				243				523
		115	115			249	249			536	536
			118				255				549
	120	121	121		270	261	261		560	562	562
			124				267				576
		127	127			274	274			590	590
			130				280				604
		133	133			287	287		620	619	619
			137				294				634
		140	140			301	301			649	649
			143				309				665
150	150	147	147	330	330	316	316	680	680	681	681
			150				324				698
		154	154			332	332			715	715
			158				340				732
	160	162	162		360	348	348		750	750	750
			165				357				768
		169	169			365	365			787	787
			174				374				806
	180	178	178		390	383	383		820	825	825
			182				392				845
		187	187			402	402			866	866
			191				412				887
		196	196			422	422		910	909	909
			200				432				931
		205	205			442	442			953	953
			210				453				976



1/8 Watt Resistors



1/4 Watt Resistors



1/2 Watt Resistors



1 Watt Resistors



2 Watt Resistors



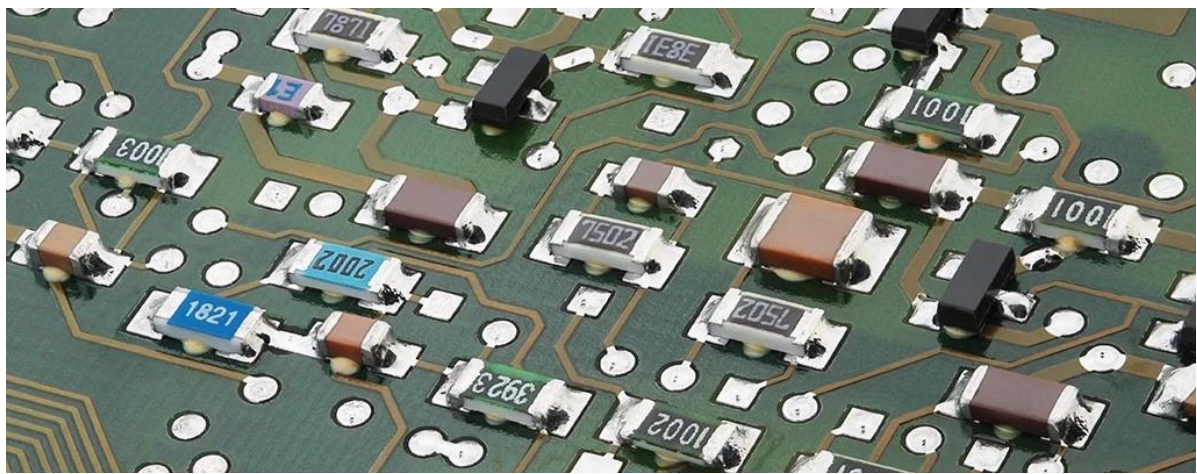
5 Watt Resistor



Code		Length (l)		Width (w)		Height (h)		Power
Imperial	Metric	inch	mm	inch	mm	inch	mm	Watt
0201	0603	0.024	0.6	0.012	0.3	0.01	0.25	1/20 (0.05)
0402	1005	0.04	1.0	0.02	0.5	0.014	0.35	1/16 (0.062)
0603	1608	0.06	1.55	0.03	0.85	0.018	0.45	1/10 (0.10)
0805	2012	0.08	2.0	0.05	1.2	0.018	0.45	1/8 (0.125)
1206	3216	0.12	3.2	0.06	1.6	0.022	0.55	1/4 (0.25)
1210	3225	0.12	3.2	0.10	2.5	0.022	0.55	1/2 (0.50)
1812	3246	0.12	3.2	0.18	4.6	0.022	0.55	1
2010	5025	0.20	5.0	0.10	2.5	0.024	0.6	3/4 (0.75)
2512	6332	0.25	6.3	0.12	3.2	0.024	0.6	1

$$P_R = U_R * I_R = 8.8V * 0.02A = 0.176W$$

Избираме 1/4W резистор



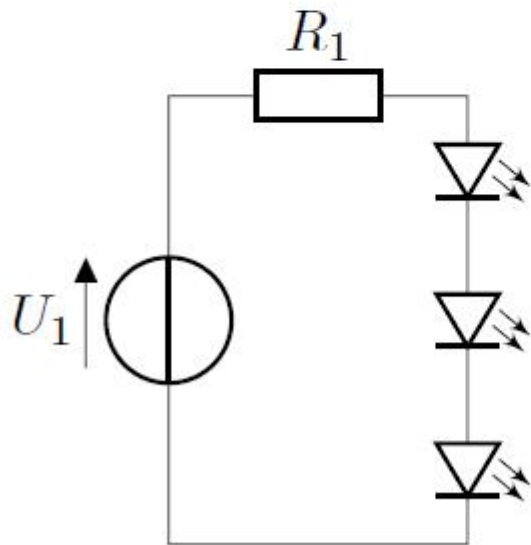
Да се оразмери схемата, така че през диодите да тече ток 20mA.

От графиката: $I_f=20\text{mA} \rightarrow U_f=3.5\text{V}$

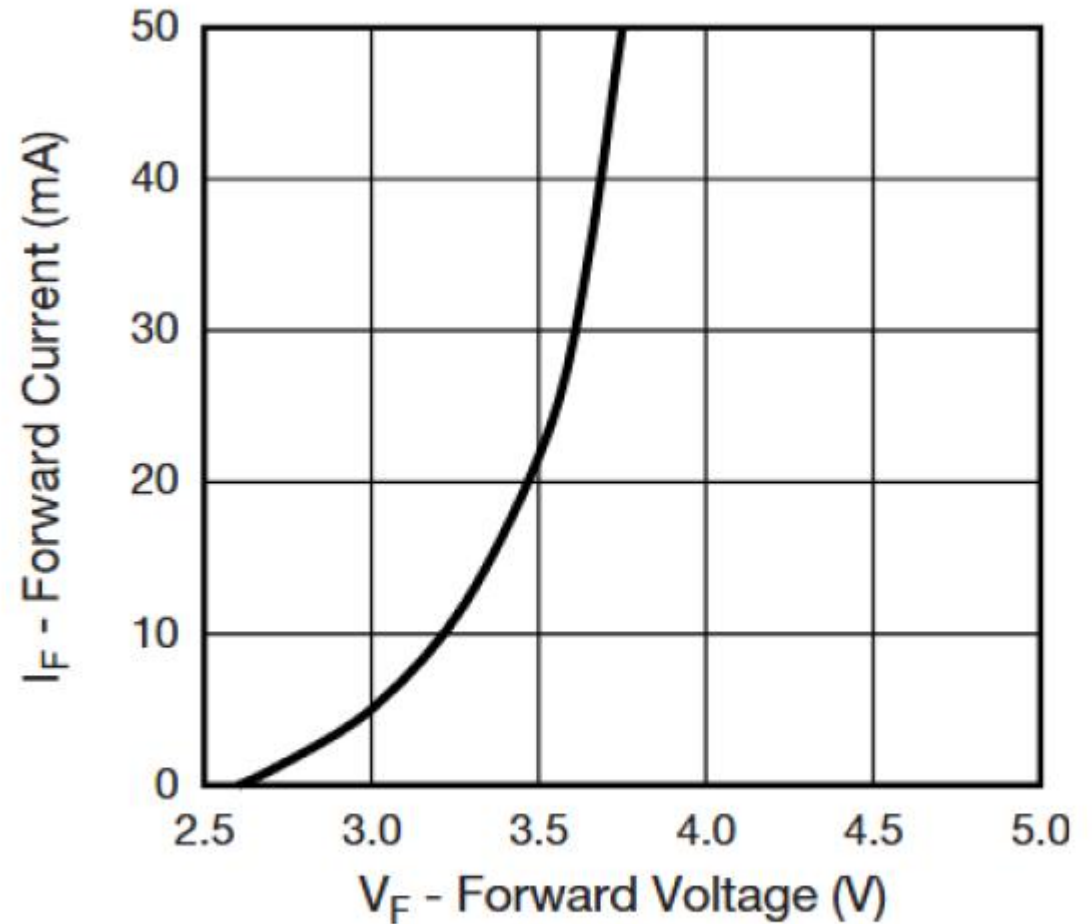
$$U_{R1} = U_1 - 3 \cdot U_f = 12 - 10.5 = 1.5\text{V}$$

$$R1 = U_{R1} / I_{R1} = U_{R1} / I_f = 1.5\text{V} / 20\text{mA} = 0.075 \text{ k}\Omega = 75 \Omega$$

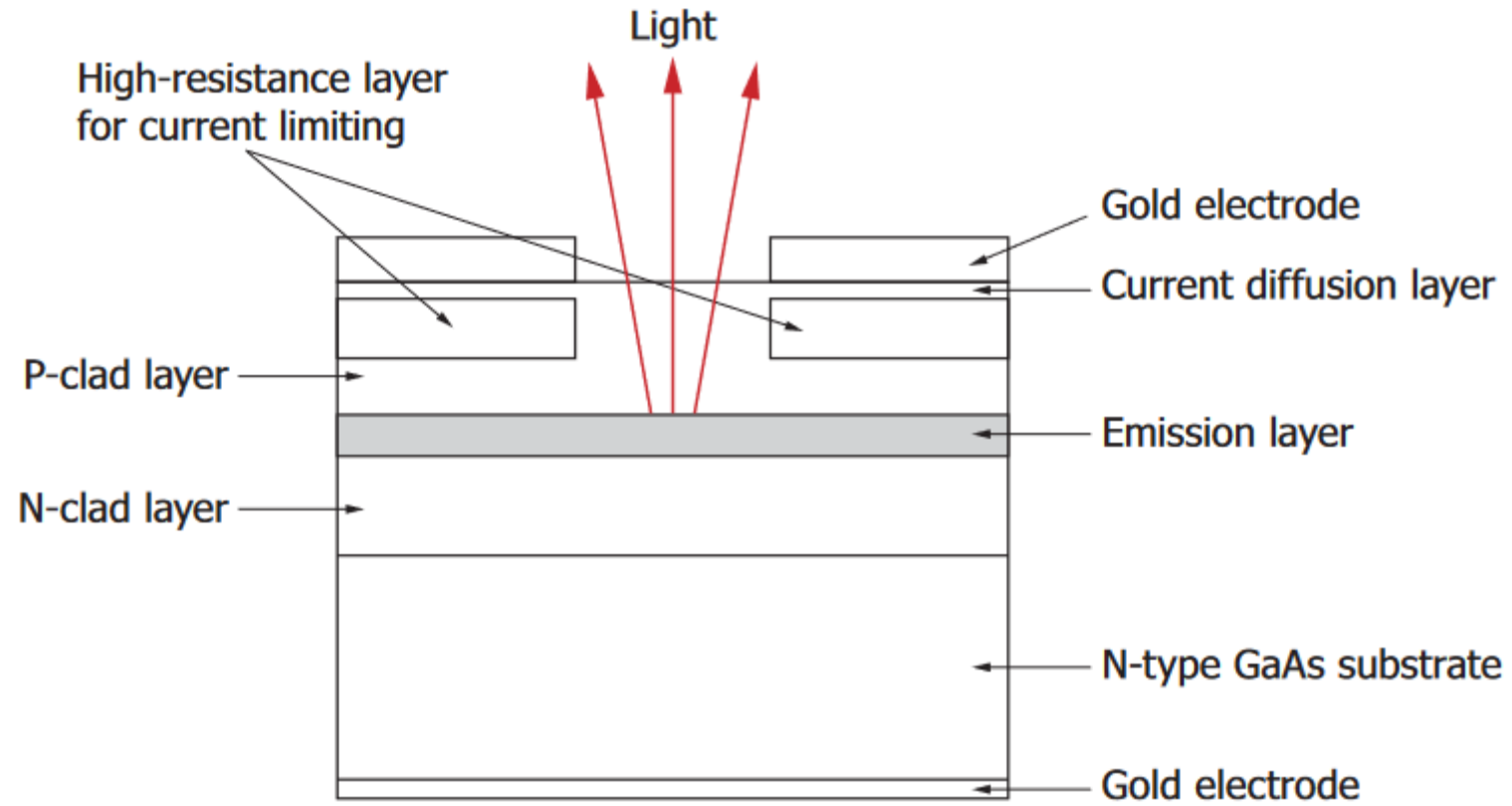
$$P_{R1} = U_{R1} \cdot I = 1.5\text{V} \cdot 20\text{mA} = 30\text{mW}$$



(a) $U_1 = 12\text{V}$, $R_1 = ?$



(б) Волт-амперна характеристика на светодиод



KLEDC0048EA

[Figure 3-1] LED energy levels with forward voltage applied

